
DIPLOMARBEIT

Herr Ing.

Stefan Astner

Automatisierung einer Säge

Kufstein, 2013

DIPLOMARBEIT

Automatisierung einer Säge

Autor:

Herr Ing. Stefan Astner

Studiengang:

Informationstechnik

Seminargruppe:

KI09wIA

Erstprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Rolf Hiersemann

Zweitprüfer:

Dipl. Ing. Werner Brandauer

Einreichung:

Mittweida, 25.07.2013

Verteidigung/Bewertung:

Mittweida, 2013

Bibliografische Beschreibung:

Astner, Stefan:

Automatisierung einer Säge - 2013. - VIII, 68 S.

Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Elektro- und Informationstechnik,
Diplomarbeit, 2013

Referat:

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Automatisierung einer Säge, welche für Montagegestelle im Bereich der Photovoltaik verwendet wird. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf der elektrischen Realisierung. Ziel der Automatisierung ist, den Anforderungen des kontinuierlich wachsenden Auftragsvolumens durch schnellere Abwicklung gerecht zu werden, die Qualität zu verbessern und zugleich die internen Fehlerquellen durch Mitarbeiter zu minimieren.

„Energie ohne Schattenseiten“

Firmenphilosophie

I. Inhaltsverzeichnis

I. Inhaltsverzeichnis	I
II. Abbildungsverzeichnis	IV
III. Abkürzungsverzeichnis	VII
1 Einleitung	1
1.1 Allgemeines	1
1.2 Vorstellung Projektpartner	3
1.3 Produktvorstellung	3
1.3.1 Trägerschiene	4
1.3.2 Modulschiene 38	4
1.3.3 Modulschiene 52	5
1.3.4 Modulschiene iX	5
1.3.5 Modulschiene Evo	6
1.4 Projektidee	6
1.5 Aufgabenstellung und Ziel der Diplomarbeit	7
2 Ausgangssituation und Projektziel	9
2.1 Ausgangssituation	9
2.1.1 Auftragseingabe „GUI“	9
2.1.2 Auftragsabwicklung	10
2.1.3 Produktion	10
2.2 Optimierungspotentiale der bisherigen Auftragsabwicklung	10
2.3 Projektziel	11
2.4 Optimierungspotential	12
3 Automatisierungstechnik	13
3.1 Grundlagen	13
3.2 Automatisierung technischer Prozesse	13
3.2.1 Definition: Technischer Prozess	13
3.2.2 Technische Produktionsprozesse	14
3.3 Arbeitsweise eines Automatisierungssystems	15
3.4 Funktionen und Ziele der Prozessautomatisierung	17
3.5 Fachgebiete in der Automatisierungstechnik	18

3.6	Bestandteile eines Prozessautomatisierungssystems.....	20
3.6.1	Technische Bestandteile	20
3.6.2	Sensoren.....	21
3.6.3	Aktoren	21
3.6.4	Kommunikationssystem	22
3.6.5	Echtzeitsystem.....	22
3.6.5.1	Mikrocontroller	24
3.6.5.2	Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)	25
3.6.5.3	Industrie-PC.....	29
3.6.5.4	Prozessleitsysteme.....	30
4	Planung	31
4.1	Grundkonzept.....	31
4.2	Zuführmagazin und Vereinzelung	32
4.3	Profilzuführung	33
4.4	Anschlag – Positioniereinheit	33
4.5	Säge.....	34
4.6	Reststückabführung	34
4.7	Fertigstückmagazin und Reststückmagazin	34
4.8	Produktkennzeichnung.....	35
4.9	Steuerung	36
4.10	Sensorik	37
4.11	Aktorik	38
4.12	Skizze der gesamten Anlage.....	39
5	Realisierung der Anlage	41
5.1	Projektabwicklung	41
5.2	Mechanik / Elektrik	42
5.2.1	Zuführmagazin	42
5.2.2	Vereinzelung	42
5.2.3	Profiltypenerkennung	43
5.2.4	Rollenbahn.....	44
5.2.5	Anschlag – Positioniereinheit.....	45
5.2.6	Profil-Säge	45

5.2.7	Reststückabführung und Reststückmagazin	46
5.2.8	Fertigstückmagazin	47
5.2.9	Visualisierung	47
5.2.10	Zusammenfassung der Sensoren und Aktoren	48
5.3	Programmierung	49
5.3.1	Grundlegend Anforderungen	49
5.3.2	Excel	49
5.3.3	Codesys	52
5.3.3.1	Hauptprogramm – PLC_PRG	53
5.3.3.2	DDE-Datentransfer – Data_Convert	54
5.3.3.3	Initialisierungen – Data_Init	54
5.3.3.4	Auswahl der Betriebsart – Auswahl	54
5.3.3.5	Automatikbetrieb – Automatik	55
5.3.3.6	Handbetrieb – Manuell	55
5.3.3.7	Einzelne Schienen bearbeiten – Einzelschnitt	55
5.3.3.8	Schneideprozess – Schneiden	56
5.3.3.9	Meldungen – Warnungen, Fehler und Reset	59
5.3.3.10	Ansteuerung Frequenzumrichter – OUT_Umrichter	59
5.3.3.11	Ansteuerung Servoumrichter – OUT_Servo	59
5.3.3.12	Visualisierung – OUT_Visu	60
5.3.3.13	Erweiterungen / Verbesserungen	60
6	Projektauswertung	65
6.1	Auswertung	65
6.2	Weiterführungspotential	67
Literatur		
Selbstständigkeitserklärung		

II. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: CO ₂ -Bildung bei Verbrennung fossiler Brennstoffe	1
Abbildung 2: Trägerschiene	4
Abbildung 3: Modulschiene 38.....	4
Abbildung 4: Modulschiene 52.....	5
Abbildung 5: Modulschiene Inventux	5
Abbildung 6: Modulschiene Evo.....	6
Abbildung 7: Auftragseingabe.....	9
Abbildung 8: Vergleich bisherige und automatisierte Auftragsabwicklung	12
Abbildung 9: Technischer Produktionsprozess	14
Abbildung 10: Schema eines Automatisierungssystem	15
Abbildung 11: Fachgebiete der Automatisierungstechnik	18
Abbildung 12: Technische Bestandteile des Prozessautomatisierungssystems ...	20
Abbildung 13: Verschiedenste Sensoren.....	21
Abbildung 14: Verschiedenste Aktoren.....	21
Abbildung 15: Automatisierungs-Softwaresystem.....	23
Abbildung 16: Mikrocontroller	24
Abbildung 17: SPS.....	25
Abbildung 18: Funktion Speicherprogrammierter Steuerungen	28
Abbildung 19: Industrie-PC	29
Abbildung 20: Prozessleitsystem	30
Abbildung 21: Grundkonzept der automatisierten Säge	31

Abbildung 22: Röllchenbahn	32
Abbildung 23: Zweispuriges Mehrspurband	32
Abbildung 24: Rollenbahn	33
Abbildung 25: Riemenantrieb	33
Abbildung 26: Säge	34
Abbildung 27: Produktkennzeichnung: Bluhm Systeme	35
Abbildung 28: Testdruck der Produktkennzeichnung	35
Abbildung 29: ABB AC-500	36
Abbildung 30: Prinzipskizze der gesamten Anlage	39
Abbildung 31: Bremszylinder	42
Abbildung 32: Vereinzelung	42
Abbildung 33: Profiltypenerkennung	43
Abbildung 34: Rollenbahn	44
Abbildung 35: Anschlag	45
Abbildung 36: Reststückabführung	46
Abbildung 37: Auftrag in Form der Excel-Tabelle	49
Abbildung 38: ASCII-Tabelle	50
Abbildung 39: Taskaufruf	52
Abbildung 40: Hauptprogramm PLC_PRG	53
Abbildung 41: Struktur des Auftrags	54
Abbildung 42: Flussdiagramm Schneideprozess – automatisierte Profilsäge	58
Abbildung 43: Vereinzelung	61
Abbildung 44: Timeoutüberwachung	62

Abbildung 45: Mehrschnitte	63
Abbildung 46: Vergleich alte und neue Auftragsabwicklung	66

III. Abkürzungsverzeichnis

AML	Anweisungsliste
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
A/D-Wandler	Analog/Digital-Wandler
bzw.	beziehungsweise
DDE	Dynamic Data Exchange
d.h.	das heißt
D/A-Wandler	Digital/Analog-Wandler
etc.	et cetera
FUP	Funktionsplan
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GUI	Graphical User Interface
HMI	Human Machine Interface
HTBLA	Höhere Technische Berufsbildende Lehranstalt
i.d.R.	in der Regel
inkl.	inklusive
IPC	Industrie Computer
KOP	Kontaktplan
o.g.	oben genannt
PC	Personal Computer
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
zB	zum Beispiel

1 Einleitung

1.1 Allgemeines

Fossile Brennstoffe stellen bereits seit dem 19. Jahrhundert die Grundlage der Energieversorgung von Privathaushalten und Industrie dar und sind damit eine Stütze unseres Wohlstandes. Die Vorteile der fossilen Energieträger lagen lange Zeit in mangelnden Alternativen und auch heute ist es verhältnismäßig schwierig, das Erdöl zu ersetzen.¹ Ein wesentlicher Nachteil fossiler Energieträger liegt jedoch darin, dass diese zum Einen nicht unendlich verfügbar sind und zum Anderen mit deren Verbrennung die Freisetzung von Kohlendioxid einhergeht.

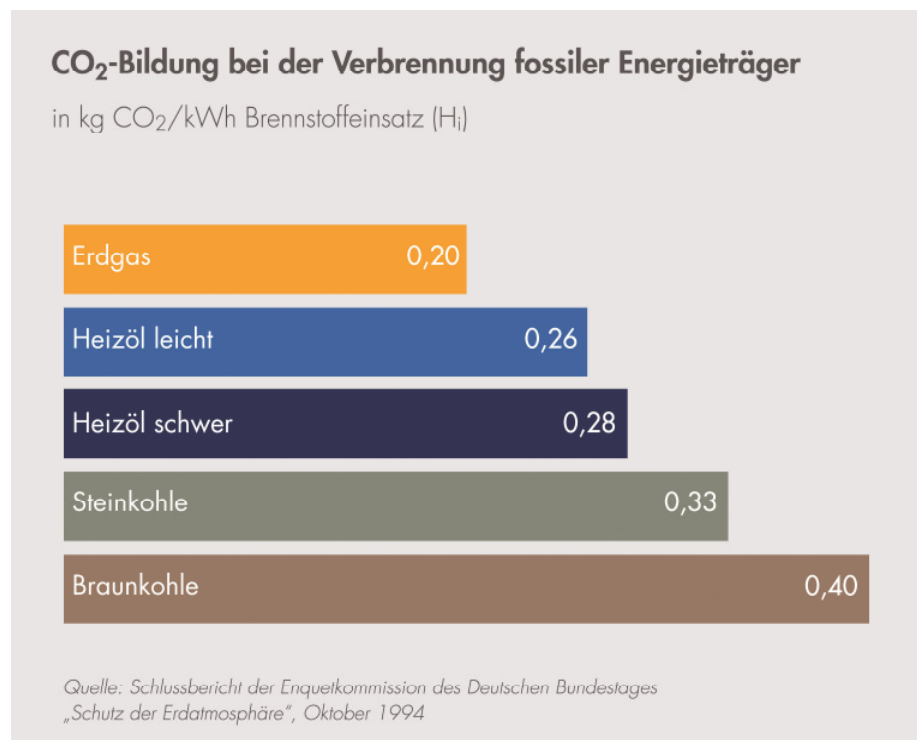


Abbildung 1: CO₂-Bildung bei Verbrennung fossiler Brennstoffe²

Jede zusätzliche Freisetzung von Kohlendioxid stellt einen weiteren Treibhauseffekt dar, der das Gleichgewicht der Atmosphäre bedroht und somit die Schutzschicht der Erde vor der Kälte des Raums wie auch vor den zerstörerischen Strahlen der Sonne beeinträchtigt.

¹ <http://www.energievergleich.de>, zuletzt abgerufen am 26.12.2012

² <http://asue.de>, zuletzt abgerufen am 26.12.2012

Zunächst als unpopuläres Thema den radikalen Umweltschützer vorbehalten, gewann die Diskussion um den Klimawandel in den vergangenen Jahren kontinuierlich an Bedeutung und hat zwischenzeitlich sogar Eingang in die Massenmedien gefunden. Der Klimawandel stellt mittlerweile zweifellos ein zentrales Thema dar, für dessen Problemstellung trotz zahlreicher diesbezüglicher Konferenzen und Expertenkommissionen aus verschiedenen Gründen noch keine Lösung gefunden worden ist. In diesem Zusammenhang wird die Berichterstattung von Schlagwörtern wie Ozonloch, globaler Erwärmung, Kyoto-Protokoll, Wetterkatastrophen und CO₂-Emissionen dominiert. Im Einzelnen herrscht jedoch keineswegs Einigkeit darüber, durch welche Faktoren konkret der Klimawandel beeinflusst, wie genau sich das Klima ändern und welche Folgen diese Entwicklung haben wird. Übereinstimmung herrscht zumindest dahingehend, dass das Klima der Erde wesentlich durch das Verhalten des Menschen und insbesondere durch die Wahl der von diesem vorrangig verwendeten Energieträger beeinflusst wird.

Aufgrund der CO₂-Bildung bei der Verbrennung fossiler Energieträger wie Erdöl, Erdgas, Braun- und Steinkohle wird das Festhalten an fossilen Brennstoffen als größter Verursacher des Klimawandels angegeben.³

In der jüngsten Vergangenheit haben die Diskussionen zur Verhinderung bzw. Milderung des Klimawandels, Berichte über schwindende Erdöl-Ressourcen, der stetig steigende Energiebedarf in Haushalt und Industrie und die damit einhergehenden hohen Ölpreise immer wieder die Frage aufgeworfen, wie lange die fossilen Energieträger noch unseren Energiebedarf decken können und welche Alternativen es dazu gibt.

Im Bereich der Stromerzeugung aus regenerativen Energiequellen gibt es einerseits Alternativen, welche aufgrund ihrer Wirkungsweise an die Umgebung gebunden sind (zB Wind- und Wasserkraft), und andererseits jene, die im Vergleich zu fossilen Brennstoffen noch zu teuer sind und nur durch steuerliche Förderungen seitens des Staates überhaupt wirtschaftlich angeboten werden können (zB Photovoltaik). Ein weiteres Kriterium ist die technologische Reife bei der Verwertung, die bei Erdöl, Kohle und auch beim Erdgas fast an ihr Maximum gelangt ist, wäh-

³ www.reset.to, zuletzt abgerufen am 11.12.2011

rend die Nutzung regenerativer Energieträger rein technologisch gesehen zum Teil noch in den Kinderschuhen steckt.⁴

Aufgrund der dargestellten Problemfelder ist es aber unerlässlich, sich eingehend mit erneuerbaren Energiequellen auseinanderzusetzen. Mittel- bis langfristig muss ein Umdenken der Konsumenten und Entscheidungsträger in Unternehmen wie auch in der Politik stattfinden. Um ein solches Umdenken nachhaltig zu bewirken, gilt es unter anderem, die technologische Entwicklung voranzutreiben, sodass die Verwendung regenerativer Energiequellen keinen Wettbewerbsnachteil mehr darstellt.

1.2 Vorstellung Projektpartner

Die SIKO SOLAR GmbH ist seit über 30 Jahren Spezialist im Bereich der erneuerbaren Energien. Zum Sortiment gehören Produkte der Betriebszweige Solarthermie, Wärmepumpen und Photovoltaik.

Im Bereich Photovoltaik werden die Module und Wechselrichter durch SIKO SOLAR vertrieben. SIKO SOLAR ist Hersteller und Lieferant maßgefertigter Montagesysteme.

Photovoltaikanlagen unterscheiden sich zumeist dahingehend, dass die Modulanzordnung vom Montageuntergrund vorgegeben ist. Im Unternehmen werden daher zunächst Profilschienen für die Unterkonstruktion entwickelt, um diese extern zu beziehen und anschließend entsprechend den Anforderungen des Abnehmers zu verarbeiten. Die Montagesysteme müssen schließlich vor Ort nur noch zusammengebaut werden, wodurch kurze Montagezeiten gewährleistet werden.

1.3 Produktvorstellung

Zunächst werden nachstehend die graphischen Darstellungen und technischen Beschreibungen der einzelnen Schientypen, welche bei der Unterkonstruktion einer Photovoltaikanlage zum Einsatz kommen, betrachtet. Diese Aluminiumprofile werden vom Lieferanten entsprechend den Anforderungen des Auftraggebers angepasst und sodann geliefert, wobei die einzelnen Schienen eine Länge von bis zu sechs Metern aufweisen.

⁴ <http://www.energievergleich.de>, zuletzt abgerufen am 26.12.2012

1.3.1 Trägerschiene

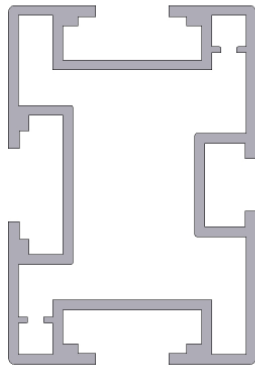


Abbildung 2: Trägerschiene⁵

Die Trägerschiene stellt die Verbindung zwischen den Dachbefestigungspunkten (wie zB: Dachhaken, Blechfalzklemmen, Konsolen, usw.) und den Modulschienen dar. Die Montage erfolgt in vertikaler Ausrichtung.

1.3.2 Modulschiene 38

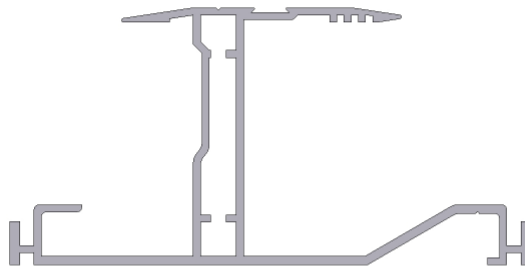


Abbildung 3: Modulschiene 38⁶

In die Modulschiene 38 werden Rahmenmodule mit einer maximalen Höhe von 38 mm gelegt. Die Montage erfolgt in horizontaler Ausrichtung.

⁵ SIKO SOLAR, erstellt am 9.Juli.2010

⁶ SIKO SOLAR, erstellt am 9.Juli.2010

1.3.3 Modulschiene 52

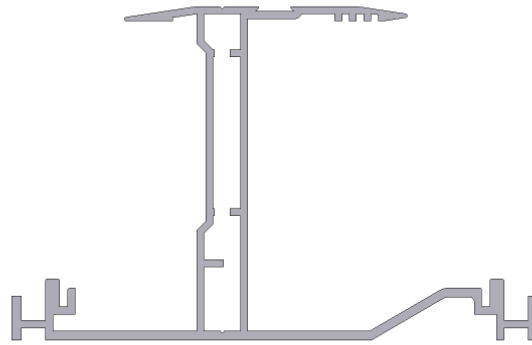


Abbildung 4: Modulschiene 52⁷

Die Modulschiene 52 gleicht grundsätzlich der vorstehend dargestellten Modulschiene 38. Lediglich hinsichtlich der Höhe bestehen Unterschiede. Es werden Rahmenmodule mit einer Höhe von 39 – 52 mm eingelegt. Die Montage erfolgt in horizontaler Ausrichtung.

1.3.4 Modulschiene iX

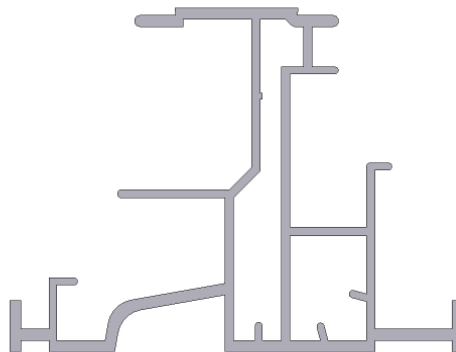


Abbildung 5: Modulschiene Inventux⁸

In die Modulschiene Inventux können nur die Dünnschichtmodule der Firma Inventux eingelegt werden. Die Montage erfolgt wiederum in horizontaler Ausrichtung.

⁷ SIKO SOLAR, erstellt am 9.Juli.2010

⁸ SIKO SOLAR, erstellt am 9.Juli.2010

1.3.5 Modulschiene Evo

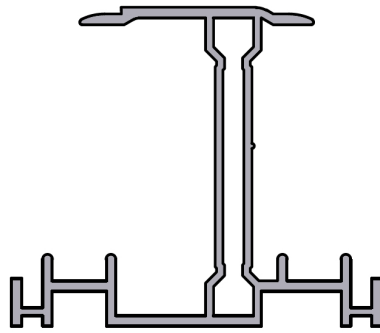


Abbildung 6: Modulschiene Evo⁹

Die Modulschiene Evo stellt eine Neuentwicklung dar und basiert auf den Modulschienen 38 und 52. Die Entwicklung dieser Schiene war zum Zeitpunkt des Projektstarts noch nicht abgeschlossen, die genauen Maße der Schiene (Form und Größe) waren unbekannt.

1.4 Projektidee

Das schnelle Wachstum des europäischen Photovoltaikmarktes forderte höhere Durchsatzleistungen, um Lieferterminen und Kundenanforderungen gerecht zu werden und wettbewerbsfähig zu bleiben.

Um im Bereich der Montagesystemproduktion Zeit zu gewinnen, sollte eine Säge konzipiert, geplant und gebaut werden, welche vollautomatisch die kundenspezifischen Montagegestelle zuschneidet.

Die Kunden können via Internet und zugehöriger grafischer Benutzeroberfläche das gewünschte Modulfeld eingeben. Nach Bestätigung durch einen Mitarbeiter werden die relevanten Daten an die automatisierte Säge gesendet, um die Montagegestelle gemäß den Anforderungen des Abnehmers zu verarbeiten. Als nächsten Schritt legt ein Mitarbeiter die geforderte Anzahl an Schienen in das Magazin, aus welchem die Säge automatisiert bedient wird. Ziel ist es, die vorhandenen Profiltypen zu erkennen, mit dem Auftrag vergleichen und anschließend die Schienen auf die gewünschte Länge zurechtschneiden. Die daraus entstandenen Profile und Reststücke werden schließlich automatisiert ausgeworfen und von einem Mitarbeiter entnommen.

⁹ SIKO SOLAR, erstellt am 23. November 2012

Wie bereits anhand des Beispiels der Modulschiene Evo dargestellt, werden im Unternehmen des Auftraggebers regelmäßig neue Schienensysteme entwickelt, die hinsichtlich ihrer Profilform von den bisher verwendeten Schienen abweichen. Eine wichtige Anforderung des zu entwickelnden Systems, stellt flexible Auslegung der Säge dar, um im Falle neuer Schienenprofile die Adaptionserfordernisse möglichst gering zu halten.

1.5 Aufgabenstellung und Ziel der Diplomarbeit

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde das Projekt als Gesamtes konzipiert und anschließend in einzelnen Abschnitten realisiert. Um eine Automatisierung der Säge zu ermöglichen, war die bereits vorhandene Säge in mechanischer und elektrotechnischer Hinsicht zu adaptieren.

Hinsichtlich der mechanischen Realisierung wurde der Auftraggeber durch eine Projektgruppe der Höheren Bundeslehranstalt für Maschineningenieurwesen (HTBLA) in Jenbach, Ausbildungsschwerpunkt Maschinen- und Anlagenbau, unterstützt.¹⁰

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich daher vorrangig mit der elektrotechnischen Realisierung (Automatisierungstechnik einschließlich Programmierung).

Dabei wird zunächst die Ausgangssituation eingehend erläutert und die Ziele definiert (Kapitel 2). In weiterer Folge werden die projektrelevanten Elemente der Automatisierungstechnik (Kapitel 3), die Planung (Kapitel 4) und die Realisierung (Kapitel 5) des Projektes dargestellt. Die wesentlichen Ergebnisse werden abschließend noch einmal zusammengefasst (Kapitel 6).

¹⁰ Sandbichler/Stiegernigg, Automatisierung einer Säge- und Bearbeitungsmaschine, Diplomarbeit, 2011

2 Ausgangssituation und Projektziel

2.1 Ausgangssituation

Vor Beginn des Projektes gliederte sich der Prozess der Auftragsabwicklung in die nachfolgend kurz dargestellten Schritte:

2.1.1 Auftragseingabe „GUI“

Konfigurator

Mit *) gekennzeichnete Felder sind Pflichtfelder und müssen ausgefüllt werden.

Lieferadresse: Kommission: <input type="text" value="Gemeinde Westendorf"/> *) Straße: <input type="text"/> Ansprechpartner: <input type="text"/>		Feldbezeichnung: <input type="text"/> PLZ und Ort: <input type="text"/> Telefon: <input type="text"/>	
Kundenzuordnung <input type="text" value="SIKO Solar GmbH (Tinzl, Address)"/> *)			
Modul Conergy <input type="text"/> *) PowerPlus 230P-250P - 250.00 <input type="text"/> *) Anlagen Leistung: 250.00 Wp Breite: 986 mm Höhe: 1651 mm Tiefe: 46 mm			
Modulmontage <input checked="" type="checkbox"/> stehend *) <input type="checkbox"/> liegend *)			
Modulanzahl Breite (horizontal): <input type="text" value="32"/> Stk *) Anlagenbreite: <input type="text"/>		Höhe (vertikal): <input type="text" value="5"/> Stk *) Anlagenhöhe: <input type="text"/>	
Gestelltyp <input checked="" type="checkbox"/> Direktmontage Blechfeld (Blechfeldklemme) <input type="checkbox"/> Info <input checked="" type="checkbox"/> Abdeckschiene SIKO EVO SIKO EVO Schnellmontagesystem mit Direktmontage inklusive Blechfeldklemme zur Befestigung am Blechfelddach. Gestellfarbe <input type="text" value="ALU-NATUR"/>			
Bemerkung <input type="text"/>			

variable Größen
 Vertikaler Abstand A: mm *)
 Horizontaler Abstand B: mm *)
 Horizontaler Abstand C: mm *)

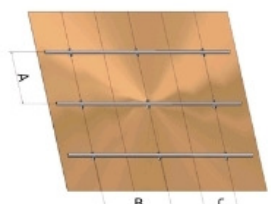


Abbildung 7: Auftragseingabe¹¹

Die Auftragseingabe erfolgt über die Homepage der Firma, wobei Händler oder Großkunden zunächst selbstständig das gewünschte Modulfeld konfigurieren und anschließend die entsprechende Bestellung an den Auftraggeber senden. Für kleinere Abnehmer wird dieser Schritt von fachkundigen Mitarbeitern des Auftraggebers SIKO SOLAR übernommen.

Nach Erhalt einer automatisch generierten E-Mail an die zuständigen Personen im Bereich Photovoltaik werden die eingegebenen Daten auf Richtigkeit überprüft. Im Falle von fehlerhaften Angaben werden diese naturgemäß entsprechend korrigiert. Der daraus entstandene Auftrag wird in weiterer Folge ausgedruckt und an die Auftragsabwicklung weitergegeben. Seitens des zuständigen Mitarbeiters im Bereich Photovoltaik werden darüber hinaus eine Auftragszusammenfassung, ein

¹¹ SIKO SOLAR, erstellt am 28. Oktober 2012

Anlagenschema sowie Schnitt-, Kontroll- und Materialliste vorbereitet und gemeinsam mit dem Auftrag an die Auftragsabwicklung übergeben.

2.1.2 Auftragsabwicklung

Unter Berücksichtigung des Terminplans reiht die Auftragsabwicklung den Auftrag in die Produktionsliste ein und übermittelt dem Kunden die Auftragsbestätigung, mit welcher zugleich der voraussichtliche Liefertermin bekannt gegeben wird. Die Unterlagen werden anschließend in der auszuliefernden Reihenfolge in die zuständigen Abteilungen der Produktion gebracht.

2.1.3 Produktion

Der Mitarbeiter an der Säge erhält die Schnitt- und Kontrolllisten, nach deren Vorgabe die Schienen herzustellen sind. Auf der Schnittliste sind alle relevanten Daten enthalten wie zB Auftragsnummer, Kunde, Feldbezeichnung, Schienenanzahl, Schientyp, Material, Schienenlänge, usw.

Da es aus technischen Gründen nicht anders möglich ist und jeweils nur eine Schiene auf der vor Beginn des Projektes benutzten Anlage geschnitten werden kann, muss Länge jeder Schiene einzeln und nacheinander erfasst werden. Nach Eingabe der jeweiligen Länge wird die Schiene laut vorhandenen Daten auf das Förderband gegeben und geschnitten, um anschließend vom zuständigen Arbeiter entnommen und auf der Kontrollliste eingetragen zu werden. Dieser Vorgang wiederholt sich, bis der gesamte Kundenauftrag abgeschlossen ist.

2.2 Optimierungspotentiale der bisherigen Auftragsabwicklung

Im Unternehmen des Auftraggebers erfolgte die Verarbeitung der Aufträge bisher vor allem durch Mitarbeiter, welche die Aufträge entsprechend den Anforderungen des Einzelfalles händisch abwickeln. Der hohe Einsatz menschlicher Arbeitsleistung zur Lösung vorgegebener Aufgaben stellt einen nicht zu unterschätzenden Kostenfaktor dar. Darüber hinaus besteht naturgemäß ein höheres Risiko menschlicher Fehler, gegenüber einer vollautomatisierten Auftragsabwicklung.

2.3 Projektziel

Ziel der vollautomatischen Säge ist es, dem stetig steigenden Auftragsvolumen gerecht zu werden. Durch die Automatisierung der Abläufe entsteht aber nicht nur der Vorteil, dass im Rahmen der Auftragsabwicklung Zeit eingespart werden kann, vielmehr soll auch eine weitestmögliche Reduktion des Fehlerfaktors Mensch erreicht werden. Sowohl mit der zeitlichen Optimierung des Ablaufes wie auch mit der Reduktion menschlicher Fehler ist darüber hinaus naturgemäß ein Kostensenkungspotential verbunden. Auch kann die Anpassung an neu entwickelte Schienensysteme erleichtert werden.

Die bestehende Eingabemaske, welche für die zuständigen Mitarbeiter und die Abnehmer über die Unternehmenshomepage zugänglich ist, soll weiterhin genutzt werden. Zu den bereits vorhandenen Funktionen wurde auf diesem Formular ein entsprechender Link zur Datei mit den relevanten Auftragsinformationen für die Säge erstellt. Dieses Dokument wird nach Kontrolle an die Steuerung gesendet. Über mindestens eine Anzeige wird in einem nächsten Schritt die Liste mit den zu schneidenden Schienen dargestellt. In angezeigter Reihenfolge können anschließend die Schienen manuell eingelegt werden.

Die Schienen werden bei der neuen automatischen Säge – wie auch bereits bei der derzeit in Verwendung befindlichen – einzeln geschnitten. Deshalb muss nach dem Magazin eine Vereinzelung erfolgen. Nachdem die Schienen aufgeteilt wurden, folgt als nächster Schritt die Profilerkennung, um eine fehlerhafte Magazinbestückung ausschließen zu können. Nach erfolgreichem Abschluss wird die Schiene zum automatisch eingestellten Anschlag befördert. Hat diese die entsprechende Position erreicht, schneidet die Säge das Profil nach vorgegebenem Maß.

Anschließend befördert die Anlage das geschnittene Profil und das Reststück in die jeweiligen Magazine. Noch bevor die Profile entnommen werden, findet ein automatischer Bedruck mit der zuordenbaren Bezeichnung für die Montage statt. Für die Säge ist somit nach diesem Vorgang der Schnitt der einzelnen Schiene abgeschlossen und es kann sofort die nächste Schiene für die Bearbeitung freigegeben werden. Die zurechtgeschnittenen Schienen und auch anfallende Restteile werden entnommen.

2.4 Optimierungspotential

Durch die nachfolgende Gegenüberstellung des bisherigen manuellen Ablaufes bei der Auftragsabwicklung und des durch Einsatz der Automatisierungstechnik geplanten optimierten Ablaufes in der Zukunft lässt sich erkennen, dass der gesamte Prozess rationalisiert wird, um eine höhere Auftragsabwicklung zu erreichen.

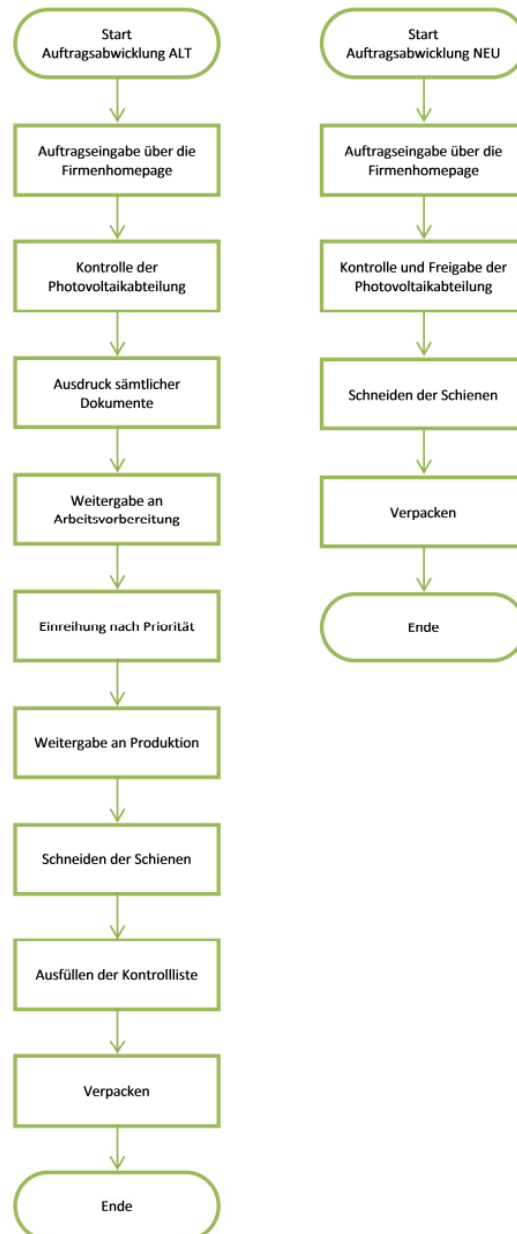


Abbildung 8: Vergleich bisherige und automatisierte Auftragsabwicklung¹²

¹² SIKO SOLAR, erstellt am 06.Jänner 2013

3 Automatisierungstechnik

3.1 Grundlagen

Die Automatisierungstechnik ist ein Fachgebiet des Ingenieurwesens, das zum Ziel hat, Maschinen oder Anlagen automatisiert, somit selbständig und ohne Mitwirkung von menschlicher Arbeitskraft, zu betreiben.¹³

3.2 Automatisierung technischer Prozesse

3.2.1 Definition: Technischer Prozess¹⁴

Ein Prozess ist die Gesamtheit von aufeinander einwirkenden Vorgängen in einem System, durch die Materie, Energie oder Information umgeformt, transportiert oder gespeichert wird. Durch geeignete Abgrenzung innerhalb des Systems können Teilprozesse festgelegt werden. Technische Prozesse sind Prozesse, deren Zustandsgrößen durch technische Einrichtungen erfasst und beeinflusst werden können, wobei die Zustandsgrößen die Größen sind, die den aktuellen Zustand des Prozesses eindeutig kennzeichnen.

Es wird zwischen drei verschiedenen Prozessen unterschieden¹⁵:

- stetige / kontinuierliche Prozesse

Technischer Prozess, der kontinuierlich, d.h. ohne Unterbrechung, abläuft. Als Beispiel lässt sich unter anderem die Stromerzeugung anführen. Die Prozessgrößen sind überwiegend physikalische Größen wie Temperatur, Druck, Füllstand sowie Volumen und werden durch analoge Messsignale abgebildet. Die Hauptfunktionen dieser Systeme sind die Regelung und Stabilisierung des Prozesszustands.

- unstetige / diskrete Prozesse

Technischer Prozess, bei dem diskrete, zählbare Produkte gefertigt werden. Beispiele hierfür sind Einzel- und Massenfertigung, Stückgutförderung, Nachrichtenübertragung sowie Lagerhaltung. Die Prozessgrößen sind überwiegend geometrische Größen wie Positionen,

¹³ www.wikipedia.org, zuletzt abgerufen Februar 2011

¹⁴ Definition nach DIN 66201

¹⁵ www.stahn.com, zuletzt abgerufen November 2012

Weglängen und Abstände, die durch digitale Signale abgebildet werden. Die Hauptfunktion dieser Systeme ist die Steuerung.

- hybride Prozesse

Kombination von stetigen und diskreten Prozessen. Zum Beispiel werden die Materialien für einen kontinuierlichen chemischen Prozess mit Hilfe einzelner Lastwagen zugeliefert, in einer kontinuierlichen Fertigung verarbeitet und in einzelnen Fässern wieder verfrachtet.

3.2.2 Technische Produktionsprozesse¹⁶

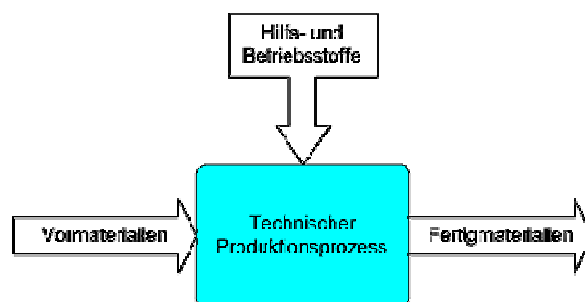


Abbildung 9: Technischer Produktionsprozess¹⁷

Die Aufgabe technischer Produktionsprozesse ist es, aus einem oder mehreren Vormaterialien bzw. Vorprodukten unter Verwendung von Hilfs- und Betriebsstoffen ein oder mehrere Fertigmaterialien bzw. -produkte herzustellen.

Das Produkt unterliegt dabei Richtwerten und Sollvorgaben, deren Einhaltung als Maß für die erzielte Produktqualität herangezogen wird. An deren Einhaltung und vor allem aber auch an der Reproduzierbarkeit in der erforderlichen Produktqualität kann die Prozessfähigkeit des technischen Prozesses abgelesen werden.

Automatisieren bedeutet somit, einem technischen Prozess ein vorgegebenes Verhalten, das Sollverhalten, aufzuprägen und dies mehr oder weniger vollständig und selbsttätig durch technische Einrichtungen zu bewerkstelligen.

¹⁶ www.stahn.com, zuletzt abgerufen November 2012

¹⁷ www.stahn.com, zuletzt abgerufen November 2012

Dieses prinzipielle Schema, mit welchem die Arbeitsweise eines Prozessautomatisierungssystems dargestellt wird, ist für einen einfachsten Regelkreis ebenso gültig wie für eine vollständige Produktionsanlage.

Als Sensoren kommen die verschiedensten Einrichtungen zum Messen von physikalischen Größen – wie zB Druck, Temperatur, Länge, Geschwindigkeit etc. – zum Einsatz. Als Aktoren werden dabei Pumpen, Ventile, Stellmotore etc. eingesetzt.

In der Praxis kann die Anzahl der Aktoren oder Sensoren in ausgedehnten Produktionsanlagen mehrere Tausend betragen. Die Verarbeitung kann auf einem einzelnen Mikroprozessor ablaufen, auf speicherprogrammierbaren Steuerungen, PC's, speziellen Prozessrechnern oder auf einer Vielzahl der o.g. Komponenten, die über Bussysteme miteinander kommunizieren. Die eigentliche Verarbeitung kann sich von einfachsten Steuerungsfunktionen (Ein/Aus), über Regelalgorithmen bis zu komplexen mathematischen Modellen der Produktionsprozesse erstrecken. Die Mensch-Maschine-Kommunikation kann über die Skala eines einfachen Zeigerinstrumentes oder aber über die ausgedehnte Schaltwarte eines Kraftwerkes erfolgen¹⁹.

¹⁹ www.stahn.com, zuletzt abgerufen November 2012

3.4 Funktionen und Ziele der Prozessautomatisierung

Bei der Automatisierung von Prozessen lassen sich vier Funktionen formulieren²⁰:

- Prozessführung
Realisierung eines logisch und/oder zeitlich vorgegebenen Prozessablaufes. Dazu gehören auch die Stabilisierung der Prozessfunktionen durch Regelungstechnik und der Eingriff durch Steuerungen, um den Ablauf zu beeinflussen.
- Prozessüberwachung
Gewinnung von Informationen über den Prozesszustand
Kontrolle auf Grenzwertverletzungen
Protokollierung/Archivierung von Prozessdaten, Prozesszuständen, Störereignissen, Bedienhandlungen
- Prozesssicherung
Gewährleistung eines sicheren Prozessablaufes
Vermeidung von gefährlichen Prozess- und Anlagenzuständen
Schutz von Mensch, Maschine und Umwelt
- Prozessoptimierung
Erweiterung der normalen Prozessführung
Einstellung optimaler Arbeitspunkte nach verschiedensten Optimierungskriterien (zB minimaler Energie- oder Materialverbrauch)
Optimierung des Überganges zwischen zwei Arbeitspunkten

Mit diesen Funktionen sollen im Wesentlichen nachfolgende Ziele erreicht werden:

- Steigerung von Produktivität und Qualität
- Einsparung von Rohstoffen, Energie und/oder Personal
- Höhere Flexibilität bezüglich Produktspektrum oder Marktanforderungen
- Verbesserung der Anlagenzuverlässigkeit und –verfügbarkeit
- Erhöhung der Sicherheit für Mensch, Umwelt und Maschine
- Verringerung der Umweltbelastungen
- Entlastung des Betriebspersonals

²⁰ www.stahn.com, zuletzt abgerufen November 2012

3.5 Fachgebiete in der Automatisierungstechnik²¹

Aus der bisherigen Darstellung ergibt sich, dass die Prozessautomatisierung ein Querschnittswissen verlangt.

Einerseits handelt es sich dabei um das Wissen über die Methoden zur Lösung von automatisierungstechnischen Aufgaben einschließlich der gerätetechnischen Ausführung. Dies sind die Gebiete der Steuerungstechnik, Regelungstechnik, Elektronik und Messtechnik, Informatik und Kommunikationstechnik.

Andererseits wird für die Umsetzung das weite Feld der Sensor-/Aktortechnik, der Leistungselektronik/Antriebstechnik, Pneumatik und Hydraulik benötigt.

Darüber hinaus sind jedoch auch umfassende Kenntnisse über die zugrundeliegenden Prozesse aus den Bereichen der Verfahrenstechnik, Metallurgie, Fertigungstechnik, etc. erforderlich.

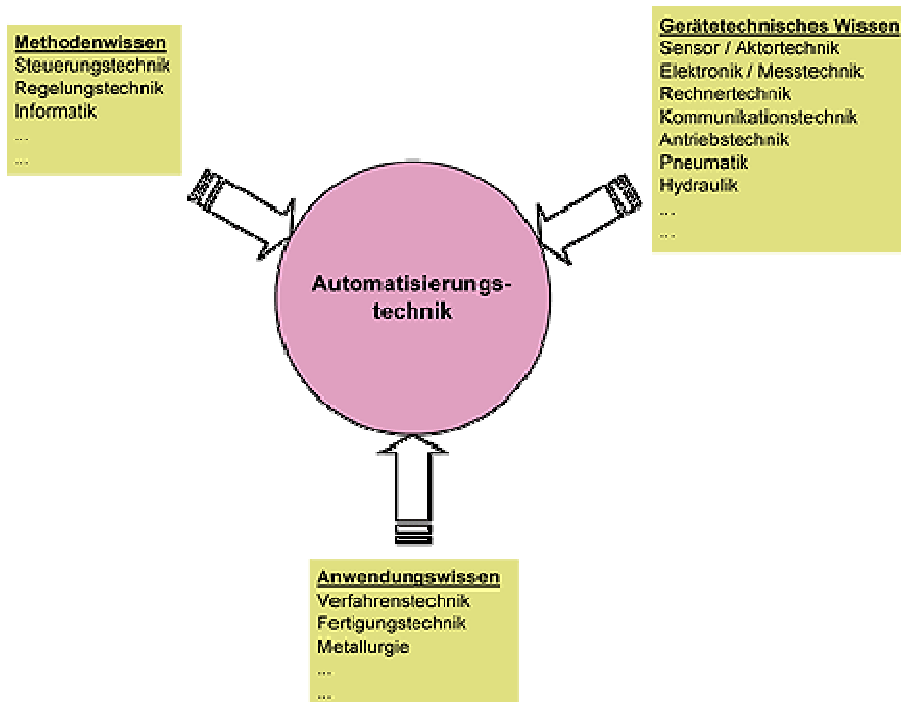


Abbildung 11: Fachgebiete der Automatisierungstechnik²²

²¹ www.stahn.com, zuletzt abgerufen November 2012

²² www.stahn.com, zuletzt abgerufen November 2012

Eine Ablaufautomatisierung lässt sich somit in vier Hauptfunktionen gliedern:

- Steuerung²³

Das Steuern bzw. die Steuerung ist der Vorgang in einem System, bei dem eine oder mehrere Größen als Eingangsgrößen andere Größen als Ausgangsgrößen aufgrund der dem System eigentümlichen Gesetzmäßigkeit beeinflussen.

Kennzeichen für das Steuern ist ein offener oder auch ein geschlossener Wirkungsweg, bei dem die durch die Eingangsgrößen beeinflussten Ausgangsgrößen nicht fortlaufend und nicht wieder über dieselben Eingangsgrößen auf sich selbst wirken.

- Regelung²⁴

Die Regelung ist ein Vorgang, bei dem fortlaufend eine Größe, nämlich die Regelgröße (die zu regelnde Größe) erfasst, mit einer anderen Größe, der Führungsgröße, verglichen und im Sinne einer Angleichung an die Führungsgröße beeinflusst wird.

Kennzeichen für das Regeln ist der geschlossene Wirkungsablauf, bei welchem sich die Regelgröße im Wirkungskreis des Regelkreises fortlaufend selbst beeinflusst.

- Überwachung / Meldung

Überwachungssysteme dienen in den meisten Fällen der Gewährleistung der Sicherheit. Dies wird durch kontinuierliches Einlesen und Auswerten von Zuständen realisiert. Bei Unregelmäßigkeiten bzw. Störungen wird eine entsprechende Meldung ausgegeben, um die erforderlichen Maßnahmen ergreifen zu können.

- Anzeige / Bedienung

Die Benutzerschnittstelle wird auch HMI (human machine interface) genannt und dient der Interaktion zwischen Mensch und Maschine.

²³ Definition nach DIN 19226

²⁴ Definition nach DIN 19226

3.6 Bestandteile eines Prozessautomatisierungssystems

3.6.1 Technische Bestandteile

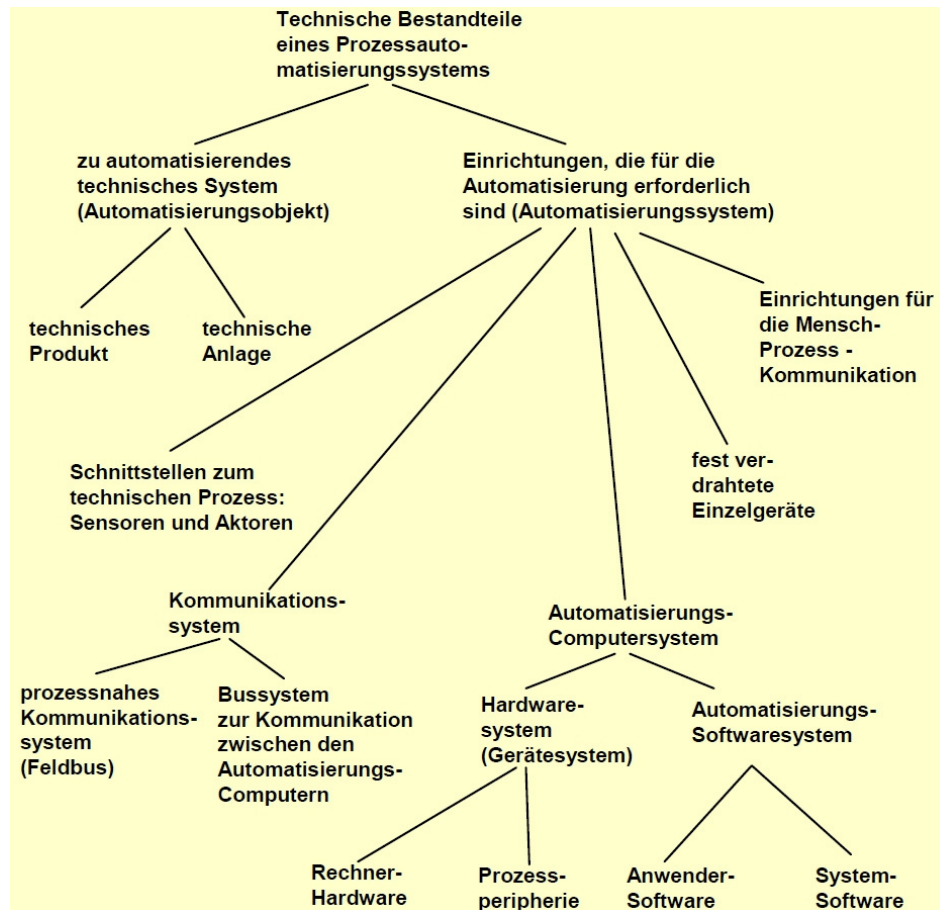


Abbildung 12: Technische Bestandteile des Prozessautomatisierungssystems²⁵

²⁵ http://www4.cs.fau.de/Lehre/WS04/V_PA/Skript/Kap1.ppt.pdf, zuletzt abgerufen am Jänner 2013

3.6.2 Sensoren



Abbildung 13: Verschiedenste Sensoren²⁶

Ein Sensor oder Messwertaufnehmer ist eine optisch-/mechanisch-/chemisch-elektronische Komponente, die eine gemessene physikalische Größe oder einen chemischen Effekt in ein elektrisches Signal umwandelt.²⁷

3.6.3 Aktoren



Abbildung 14: Verschiedenste Aktoren²⁸

Während Sensoren eine physikalische Größe in elektrischen Strom umwandeln, machen Aktoren oder Aktuatoren genau das Gegenteil und wandeln Strom oder Spannung in eine andere Energieform um, so beispielsweise in Schall, Druck, Temperatur, Bewegung, Drehmoment, Licht usw.²⁹

²⁶ www.ppdistributors.com, zuletzt abgerufen Juli 2012

²⁷ www.itwissen.info, zuletzt abgerufen Juli 2012

²⁸ www.ap-petersdorff.de, zuletzt abgerufen Juli 2012

²⁹ www.itwissen.info, zuletzt abgerufen Juli 2012

3.6.4 Kommunikationssystem

Bei einfachen Systemen reichen Hardwaresignale aus. Bei größeren bzw. komplizierteren Systemen werden Protokolle wie zB CAN-Bus, Interbus-S, Feldbus, Anlagen-Bus oder Fabrik-Bus verwendet.

3.6.5 Echtzeitsystem

Ein Echtzeitsystem zeichnet sich durch den Betrieb eines Rechensystems aus, bei welchem die Programme zur Verarbeitung anfallender Daten ständig betriebsbereit sind, sodass die Verfügbarkeit der Verarbeitungsergebnisse innerhalb einer vorgegebenen Zeitspanne gewährleistet ist. Die Daten können je nach Anwendungsfall nach einer zeitlich zufälligen Verteilung oder zu vorherbestimmten Zeitpunkten anfallen.³⁰

Das Echtzeitsystem wird in zwei Bereiche unterteilt:

- Hardware

- Mikrocontroller

- Speicherprogrammierbare Steuerung

- Personal Computer

- Prozessleitsysteme

- Software

- Als Software wird die Menge aller Programme, die zur Ausführung der Automatisierungsaufgaben erforderlich sind, einschließlich ihrer Dokumentation bezeichnet. Die Software wird dabei in zwei Bereiche, nämlich organisierende bzw. verwaltende Programme (Betriebssoftware oder Systemsoftware) einerseits und ausführende Programme (Anwendungssoftware) andererseits unterteilt.

³⁰ Definition nach DIN 44300

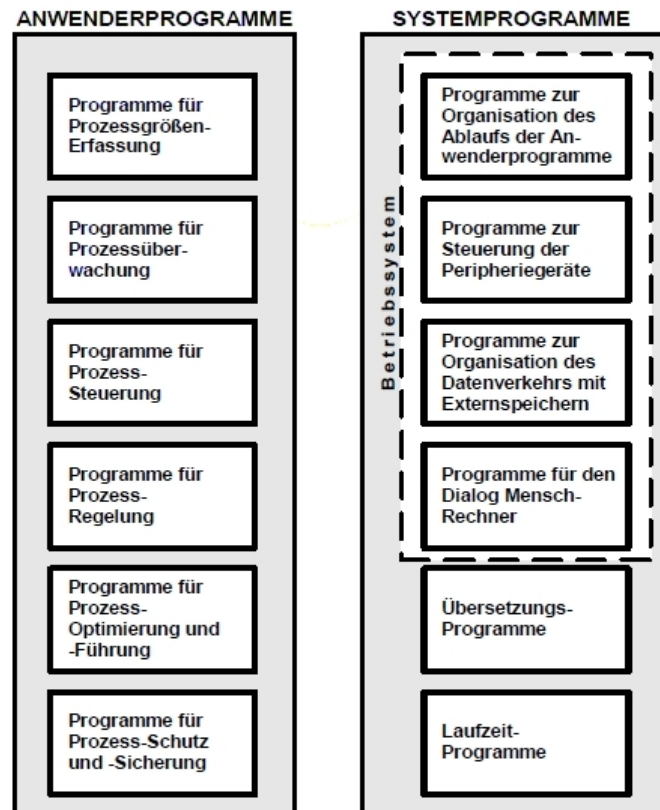


Abbildung 15: Automatisierungs-Softwaresystem³¹

³¹ http://www4.cs.fau.de/Lehre/WS04/V_PA/Skript/Kap1.ppt.pdf, zuletzt abgerufen am Jänner 2013

3.6.5.1 Mikrocontroller

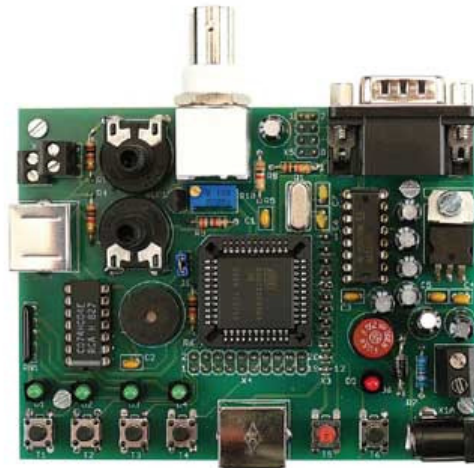


Abbildung 16: Mikrocontroller³²

Mikrocontroller sind leistungsfähige programmierbare Rechnersysteme für die Lösung von Spezialaufgaben. Sie sind mit Mikroprozessor, Festwert- und Arbeitsspeicher, Schnittstellen für Peripheriegeräte, Timer, A/D- und D/A-Wandlern und anderen Funktionseinheiten ausgestattet, wobei alle Komponenten auf einem Chip integriert sind.³³

Mikrocontroller zeichnen sich insbesondere durch nachfolgende Eigenschaften aus:³⁴

- Hochintegrierte Bausteine
- Einsatz für Massenprodukte
- Programmierung über Entwicklungssysteme
- Kurze Wortlänge
- Niedriger Preis
- Hohe Zuverlässigkeit und Lebensdauer
- Hohe Anforderungen bezüglich Umgebungsbedingungen (Luftfeuchtigkeit und Temperatur)

³² http://www4.cs.fau.de/Lehre/WS04/V_PA/Skript/Kap1.ppt.pdf, zuletzt abgerufen am Jänner 2013

³³ www.itwissen.info, zuletzt abgerufen Jänner 2013

³⁴ http://www.fk-wind.de/zielinski/files/AUT_Teil2.pdf, zuletzt abgerufen Jänner 2013

3.6.5.2 Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)

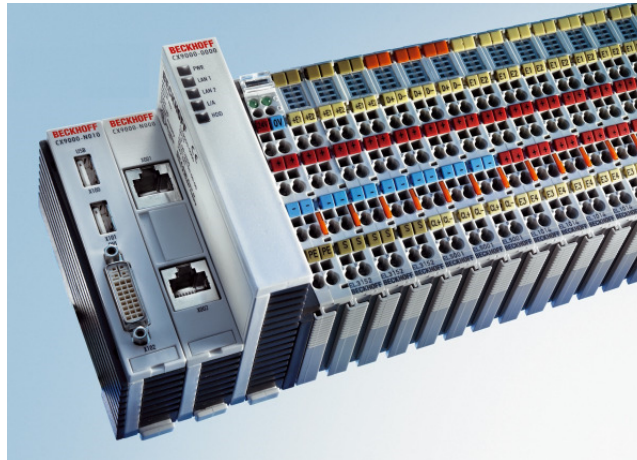


Abbildung 17: SPS³⁵

Definition³⁶:

Eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) wird im Allgemeinen zur Steuerung oder Regelung einer Maschine oder Anlage eingesetzt und auf digitaler Basis programmiert. Dieses digital arbeitende elektronische System ist in erster Linie für den Einsatz in industrieller Umgebung gedacht und arbeitet mit einem programmierbaren Speicher zur internen Speicherung der anwenderorientierten Steuerungsanweisungen, mit welchen spezifische Funktionen wie zB Verknüpfungssteuerung, Ablaufsteuerung, Zeit-, Zähl- und arithmetische Funktionen implementiert werden, um durch digitale oder analoge Eingangs- und Ausgangssignale verschiedene Arten von Maschinen oder Prozessen zu steuern.

Die speicherprogrammierbare Steuerung und die zugehörige Peripherie (das SPS-System) sind dabei so konzipiert, dass sie sich leicht in ein industrielles Steuerungssystem integrieren und in allen ihren beabsichtigten Funktionen einfach einsetzen lassen.

Die früher häufiger verwendete verbindungsorientierte Relais-Technik dahingegen ist aus der Steuerungstechnik nahezu vollständig verschwunden. Frei programmierbare Steuerungen sind heute Stand der Technik, wenn es um die Automatisierung von Anlagen geht.

³⁵ www.beckhoff.at, zuletzt abgerufen Jänner 2013

³⁶ DIN EN 61131-1

Eine SPS besteht aus Hardware und Software, wobei sich die Hardware aus dem Prozessor mit den entsprechenden Speicherbausteinen und der weiteren Elektronik zum Anschluss von Ein- und Ausgabebaugruppen zusammensetzt. Bei der Software muss man zwischen den Bereichen Anwendungssoftware und Betriebssystemsoftware unterscheiden. Jede Zentraleinheit besitzt ihr Betriebssystem, das für die Verwaltung der Systemressourcen und der organisatorischen Funktionen verantwortlich ist. Die Anwendungssoftware wird sofort nach dem Einschalten aktiv; dies wird als sogenannter „Run-Modus“ bezeichnet.³⁷

Entstehungsgeschichte:³⁸

Ursprünglich wurden Steuerungen von Maschinen und Anlagen mit Relaischaltungen erstellt. Dabei wurden die Kontakte in Reihe oder parallel geschaltet, um so die gewünschte Steuerung zu realisieren. Vorwiegend wurden dabei binäre und boolesche Signale verarbeitet.

Der Begriff "Programmierbare Steuerung" leitete sich ursprünglich aus der amerikanischen Bezeichnung für "Programmable Computer" – oder abgekürzt PC – ab. Mittlerweile wird die Abkürzung PC für "Personal Computer" verwendet. So musste man einen neuen Namen für die „Programmierbare Steuerung“ finden. Daraus entstand die Abkürzung SPS, die für "Speicher Programmierbare Steuerung" steht.

Die Idee der programmierbaren Steuerungen wurde erstmals 1968 bei General Motors entwickelt. Man suchte nach anderen Möglichkeiten als den verbindungsprogrammierten, festverdrahteten Relais-, Schütz- oder Elektroniksteuerungen. Folgende Kriterien sollten dabei ausschlaggebend sein:

- Eine Steuerung sollte bei geänderter Aufgabenstellung bzw. Anlagenerweiterung möglichst rasch umprogrammierbar sein, beispielsweise wenn neue Profiltypen verarbeitet werden.
- Die Kosten für die Entwicklung einer Steuerung sollten im Vergleich zu jenen anderer bekannter Steuerungstypen geringer sein. Auch sollte Zuverlässigkeit der Steuerung erhöht werden.

Die Forderung der "Speicherprogrammierbaren Steuerungen" konnte durch die fortschreitende Technologie erfüllt werden. Eine SPS besteht aus einem bit- oder

³⁷ www.beckhoff.at, zuletzt abgerufen Februar 2011

³⁸ www.sps-lehrgang.de, zuletzt abgerufen November 2012

wortorientiertem Prozessor mit verschiedenen Speichermedien. Es gibt auch spezielle Software, um komplexe Steuerungsprogramme in einer anwenderorientierten Programmiersprache zu programmieren (FUP, KOP, AWL, Graph).

Nach und nach wurden fest verdrahtete Relaissteuerungen durch Mikroprozessoren ersetzt. Steuerungsprogramme konnten dabei schnell erstellt und gegebenenfalls auch schnell und flexibel angepasst werden. Damit die Techniker bei ihrer Denkweise bleiben konnten, wurde die Programmierung mit Kontaktplan (KOP) entwickelt. Ein Kontaktplan lehnt sich dabei stark an Stromlaufplänen an. Somit wurde den Anwendern ein einfacher Umstieg ermöglicht. Später wurden die maschinenorientierte Anweisungsliste (AWL) sowie der grafische Funktionsplan (FUP) entwickelt.

Nachdem man zunächst vorwiegend mit Binärsignalen gearbeitet hatte, entwickelten die Hersteller in weiterer Folge auch die Möglichkeit, Zeiten, Zahlen oder Gleitkommazahlen zu verarbeiten. Somit war es möglich, auch mit Analogwerten zu arbeiten.

1992 wurde schließlich die internationale Norm IEC 61131 definiert. Diese Norm soll eine herstellerunabhängige und einheitliche Programmiersprache für SPS darstellen. Die meisten SPS-Systeme können heutzutage mit dieser internationalen Norm programmiert werden.

Prinzip - Arbeitsweise

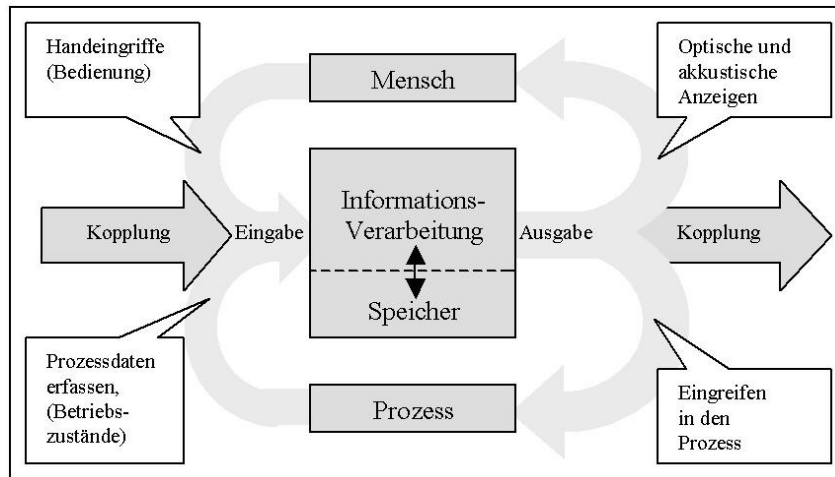


Abbildung 18: Funktion Speicherprogrammierter Steuerungen³⁹

SPS-Steuerungen arbeiten wie alle Computer nach dem EVA-Prinzip:

- Einlesen
Die SPS liest die Werte aller Eingänge am Anfang eines Zyklus ein (andere Bezeichnung: Einlesen des Prozessabbildes).
- Verarbeiten
Die gespeicherten Programme – auch Bausteine oder Netzwerke genannt – werden ausgeführt. Darunter versteht man Umwandlung, Umformung, Umsetzung, Verstärkung, Verknüpfung und Änderung im zeitlichen Verlauf.
- Ausgeben
Am Ende des Zyklus werden die Ausgänge gesetzt.

Die für einen Zyklus benötigte Dauer nennt man Zykluszeit. Diese ist das wohl wichtigste Geschwindigkeitskriterium für eine SPS und variiert typischerweise zwischen einigen hundert μ s bis hin zu einigen hundert ms.

³⁹ www.brainguide.de, zuletzt abgerufen Februar 2011

3.6.5.3 Industrie-PC



Abbildung 19: Industrie-PC⁴⁰

Industrie-Computer (IPC) sind Komponenten der Automatisierungstechnik. Zwischen Office- und Industrie-Computern gibt es wesentliche Unterschiede hinsichtlich der Zuverlässigkeit, den erhöhten Anforderungen an die Beanspruchung und der Langzeit-Verfügbarkeit der IPC-Komponenten, da industrielle Anlagen im aller Regel für eine wesentlich höhere Lebensdauer ausgelegt sind als Personal Computer.⁴¹

Merkmale von Industrie-PCs:⁴²

- für raue Umgebung
- einsteckbare Leiterplatten zum Anschluss von
 - elektrischen Prozess-Signalen
 - optischen Prozess-Signalen
 - Bussystemen
- Programmierung in Hochsprache
- Einsatz von Echtzeitbetriebssystemen
 - als einziges Betriebssystem
 - zusätzlich zu Standard-Betriebssystemen

⁴⁰ www.siemens.com, zuletzt abgerufen Jänner 2013

⁴¹ www.itwissen.info, zuletzt abgerufen Jänner 2013

⁴² http://www4.cs.fau.de/Lehre/WS04/V_PA/Skript/Kap1.ppt.pdf, zuletzt abgerufen Jänner 2013

3.6.5.4 Prozessleitsysteme

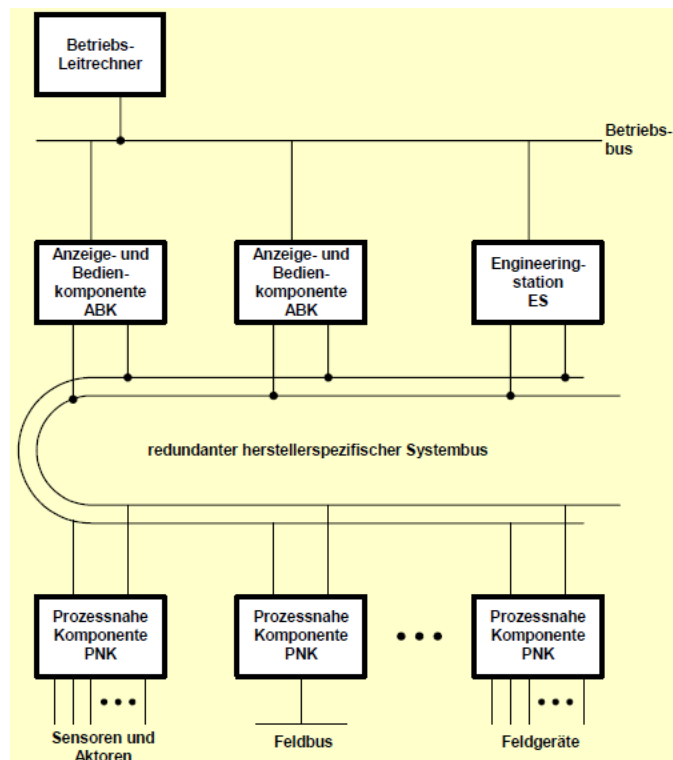


Abbildung 20: Prozessleitsystem⁴³

Ein Prozessleitsystem dient der Führung einer verfahrenstechnischen Anlage (zB einer Raffinerie).⁴⁴

Merkmale von Prozessleitsystemen:⁴⁵

- Verteilte, über Bus-Systeme verbundene Rechnersysteme
- Einsatz von vorkonfektionierten, vom Hersteller des Prozessleitsystems entwickelten Programmbausteinen
- Konfigurierung durch Anwender
- Kopplung mit SPS-Rechnern

⁴³ http://www4.cs.fau.de/Lehre/WS04/V_PA/Skript/Kap1.ppt.pdf, zuletzt abgerufen Jänner 2013

⁴⁴ www.wikipedia.org, zuletzt abgerufen Jänner 2013

⁴⁵ http://www4.cs.fau.de/Lehre/WS04/V_PA/Skript/Kap1.ppt.pdf, zuletzt abgerufen Jänner 2013

4 Planung

4.1 Grundkonzept

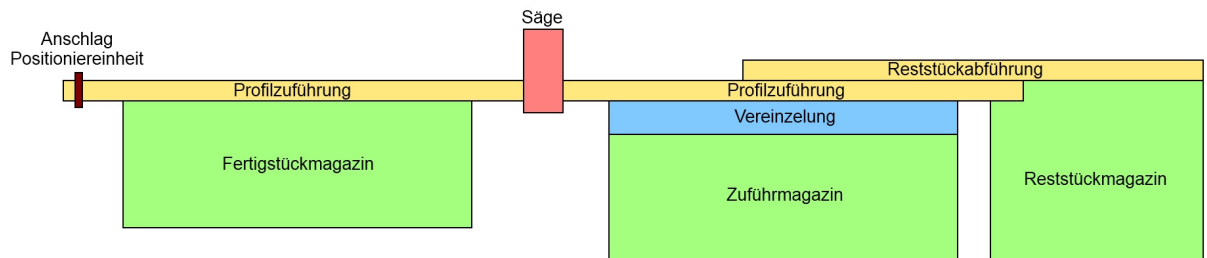


Abbildung 21: Grundkonzept der automatisierten Säge⁴⁶

Nach Bestückung des Magazins erfolgt durch einen Mitarbeiter und bildet somit den Anfang des Schneidevorgangs. Direkt im Anschluss folgt die Trennung der einzelnen Schienen voneinander. Dies ist erforderlich, da die darauffolgende auf induktiven Sensoren basierende Profilerkennung nur einzelne Profile erkennen kann. Währenddessen wird der Anschlag auf die Sollposition gefahren. Nach erfolgreicher Profilerkennung wird die Schiene bis zum vorpositionierten Anschlag befördert. Die Kreissäge, welche Bestandteil einer bestehenden, im Betrieb des Auftraggebers aktuell nicht verwendeten Säge ist, schneidet nun das Aluminiumprofil auf die gewünschte Länge zu. Das Endprodukt wird vor der Beförderung in das zugeordnete Magazin mit der Auftragsnummer sowie der Schienenbezeichnung bedruckt. Anfallende Reststücke werden ins Reststückmagazin befördert.

⁴⁶ SIKO SOLAR, erstellt am 12. Oktober 2010

4.2 Zuführmagazin und Vereinzelung



Abbildung 22: Röllchenbahn⁴⁷

Zur Realisierung der Zuführung wurde eine Röllchenbahn in Verbindung mit einem Mehrspurband gewählt. Die 15 Grad schräg montierte Röllchenbahn sorgt für ein langsames, aber doch zuverlässiges Abrollen der Schienen.

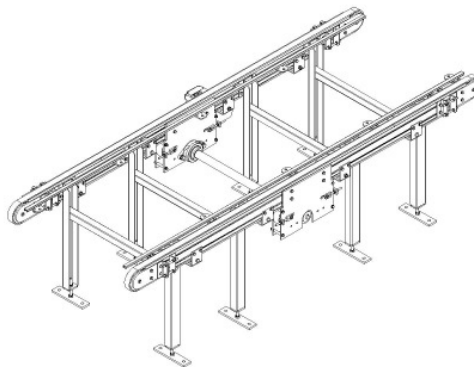


Abbildung 23: Zweispuriges Mehrspurband⁴⁸

Am Ende des Zuführmagazins befindet sich ein angetriebenes, sechsspuriges Mehrspurband. Zur Gewährleistung der Profilvereinzelung, muss die Geschwindigkeit des Bandes höher sein, als jene der heranrollenden Profile. Ein Mehrspurband ist mit einem finanziell höheren Aufwand verbunden, jedoch wird durch die sechs Spuren die Flexibilität gewahrt, in ihrer Form verschiedenste Profile zu transportieren.

Eine unbekannte Komponente stellte zu Projektbeginn der Übergang zwischen Röllchenbahn und Mehrspurband dar, da nicht vorhersehbar war, wie die Profile

⁴⁷ www.gesa.at, zuletzt abgerufen Februar 2012

⁴⁸ www.mschneidergmbh.de, zuletzt abgerufen Februar 2012

auf dem Mehrspurband auftreten. Insbesondere bestand auch die Möglichkeit, dass Profile schräg auf dem Mehrspurband zum Erliegen kommen.

4.3 Profilzuführung

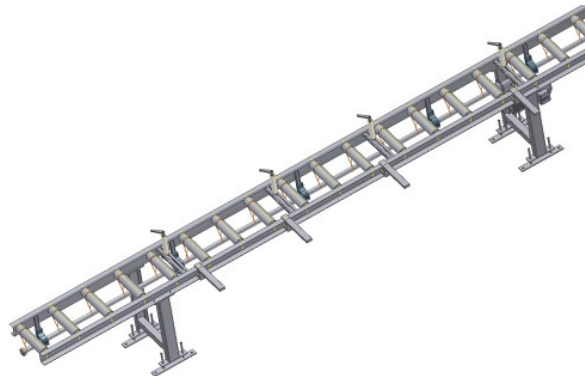


Abbildung 24: Rollenbahn⁴⁹

Es werden zwei voneinander getrennt ansteuerbare Profilzuführungen benötigt. Diese befinden sich links und rechts von der Säge. Die rechte Seite, welche nach dem Schnitt für den Abtransport des Reststücks verantwortlich ist, muss auch rückwärts betrieben werden können. Die Profile werden einzeln auf die Profilzuführung abgelegt. Anfangs wurde dafür ein Förderband eingeplant, aufgrund der Inflexibilität wurde dieses letztlich jedoch durch eine Rollenbahn ersetzt. Dadurch entstand wiederum der Nachteil, dass die Profile eine Mindestlänge haben müssen, um den Transport zu gewährleisten.

4.4 Anschlag – Positioniereinheit



Abbildung 25: Riemenantrieb⁵⁰

⁴⁹ www.fischer-maschinenfabrik.de, zuletzt abgerufen Februar 2012

Die Profile werden von den beiden Rollenbahnen bis zum Anschlag, welcher sich auf einer Positioniereinheit befindet, befördert. Die Entfernung zwischen Anschlag und Säge stellt die gewünschte Schienenlänge dar. Als Positioniereinheit wurde ein Zahnriemenantrieb gewählt, da dieser die erforderliche Dynamik und Präzision aufweist und die daraus resultierenden Kosten akzeptabel sind.

4.5 Säge



Abbildung 26: Säge⁵¹

Die Kreissäge befindet sich im Altbestand des Auftraggebers und wird für das Projekt wieder aktiviert. Die Säge wird zentral aufgebaut. Rechts von der Säge befinden sich Zuführung und das Reststückmagazin, links davon das Fertigstückmagazin.

4.6 Reststückabführung

Um mögliche Reststücke zu entfernen, wird wiederum eine Rollenbahn verwendet, welche in ihrer Neigung verstellbar ist. Somit kann ein zusätzlicher Antrieb eingespart werden.

4.7 Fertigstückmagazin und Reststückmagazin

Ident zum Zuführmagazin ist auch bei der Realisierung des Reststückmagazins eine Röllchenbahn vorgesehen, um einen sicheren Abtransport zu gewährleisten.

⁵⁰ www.directindustry.de, zuletzt abgerufen Februar 2012

⁵¹ SIKO SOLAR, erstellt am 12. Oktober 2010

4.8 Produktkennzeichnung



Abbildung 27: Produktkennzeichnung: Blum Systeme⁵²

Eine Beschriftung ist notwendig, um beim Aufbau der Photovoltaikanlage die korrekte Montage zu gewährleisten. Im Hinblick auf die unterschiedlichen Formen der Schienen erschien die Umsetzung jedoch nicht so einfach, weshalb vorab einige Tests durchgeführt wurden, indem verschiedenste Profile bedruckt wurden.



Abbildung 28: Testdruck der Produktkennzeichnung⁵³

Die Produktkennzeichnung wurde bis zum Zeitpunkt des Projektendes noch nicht realisiert, da der Kosten-Nutzen-Faktor zu gering sei. Somit werden die Schienen – wie bereits an der alten Anlage – von Hand beschriftet.

⁵² www.bluhmsysteme.at, zuletzt abgerufen März 2012

⁵³ www.bluhmsysteme.at, zuletzt abgerufen März 2012

4.9 Steuerung

Für den von vom Auftraggeber gewünschten Anwendungsbereich stehen zwei Steuerungstypen zur Auswahl: SPS und IPC. Die Kriterien, anhand welcher die Entscheidung für das sodann tatsächlich verwendete Steuerungssystem gefällt wurde, werden nachfolgend dargestellt:

Vergleich SPS / Industriecomputer	
SPS	IPC
absolute Fehlerfreiheit	Fehler werden akzeptiert / kann abstürzen
erweiterbar	nicht erweiterbar
schnelles Initialisieren	langsames Startprogramm
eigener Prozessor	softwaremäßige Simulation einer SPS
keine Sicherheitslücken	Sicherheitslücken (Viren, Trojaner, etc.)
hohe Verfügbarkeit	starke Weiterentwicklung der Verfügbarkeit
höhere Kosten	niedrigere Kosten

Tabelle 1: Vergleich SPS / IPC⁵⁴

Obwohl das Wachstum der Industrie PC's ungebrochen ist, wird im direkten Vergleich zur SPS schnell ersichtlich, dass die SPS für die beabsichtigte Anwendung die richtige Entscheidung ist. Obwohl es die Kosten höher sind, ist es die zuverlässigere und flexiblere Variante.



Abbildung 29: ABB AC-500⁵⁵

Aufgrund negativer Erfahrungen in der Vergangenheit wurde die Wahl einer Siemens Simatic S7 bereits zu Beginn seitens des Auftraggebers ausgeschlossen.

⁵⁴ SIKO SOLAR, erstellt am 06.Juli 2013

⁵⁵ www.abb.com, zuletzt abgerufen März 2012

Da Beckhoff sein Angebot nicht rechtzeitig übermittelte, fiel die Wahl schließlich auf eine ABB AC-500. Durch die Erweiterungsmöglichkeiten dieser Steuerung ist das System besonders flexibel; die projektspezifischen Anforderungen können vollumfassend berücksichtigt werden.

4.10 Sensorik

Auch bei den Sensoren gibt es unterschiedliche Arbeitsweisen und somit unterschiedliche Einsatzgebiete:

Funktionsweise der Sensoren			
Prinzip	Induktiv	Kapazitiv	Optoelektrisch
Messdistanz	mittel	klein	groß
Temperatur	unempfindlich	unempfindlich	empfindlich
Messfleckgröße	mittel	mittel	klein
Umweltverträglichkeit	gut	schlecht	schlecht
Größe	klein	mittel	groß
Preis	neutral	neutral	teuer
Metalle	+	+	+
Isolatoren	-	0	+
transparente Objekte	-	+	0

Tabelle 2: Funktionsweise von Sensoren⁵⁶

Für den Anwendungszweck eignen sich Sensoren, welche nach dem induktiven Prinzip arbeiten. Die höhere Messdistanz, der niedrige Preis und die Erkennung von Metallen sind hierbei ausschlaggebend. Eine Ausnahme ist umgebungsbedingt ein Reflexionslichtschalter, welcher sich an der Positioniereinheit befindet. Hier ist eine hohe Messgenauigkeit in Verbindung mit einer großen Messdistanz gefordert. Der höhere Preis wird daher in Kauf genommen.

Die an der Maschine verwendeten Pneumatikzylinder sind im Bedarfsfall mit Reed-Kontakten ausgestattet. Für die Maschinenbedienung werden mechanische Tastsensoren verwendet.

⁵⁶ SIKO SOLAR, erstellt am 06.Juli 2013

4.11 Aktorik

Die in der Automatisierungstechnik am häufigsten verwendeten Arten von Aktoren können anhand nachfolgender Eigenschaften voneinander abgegrenzt werden:

Funktionsweise der Aktoren			
Prinzip	Pneumatik	Hydraulik	Elektrisch
Bewegung	Punkt-zu-Punkt	Punkt-zu-Punkt	flexibel
Bewegungsablauf	undynamisch	dynamisch	dynamisch
Installationsaufwand	niedrig	hoch	mittel
Effizienz	mittel	schlecht	gut
Preis	günstig	teuer	neutral

Tabelle 3: Funktionsweise von Aktoren⁵⁷

Für den Anwendungszweck des Projektes wurde eine Kombination zwischen Pneumatik und Elektrik gewählt. Kurze ungenaue lineare Bewegungsabläufe wurden mit Pneumatikzylindern realisiert. Erweiterungen waren aufgrund der vorhandenen Druckluftinstallation nur im geringen Ausmaß notwendig.

Endlose Bewegungen wurden mit Drehstromasynchronmotoren verwirklicht. Die präzise Punkt-zu-Punkt Bewegung für den Positionieranschlag wurde mit einem Servoantrieb realisiert.

⁵⁷ SIKO SOLAR, erstellt am 06.Juli 2013

4.12 Skizze der gesamten Anlage

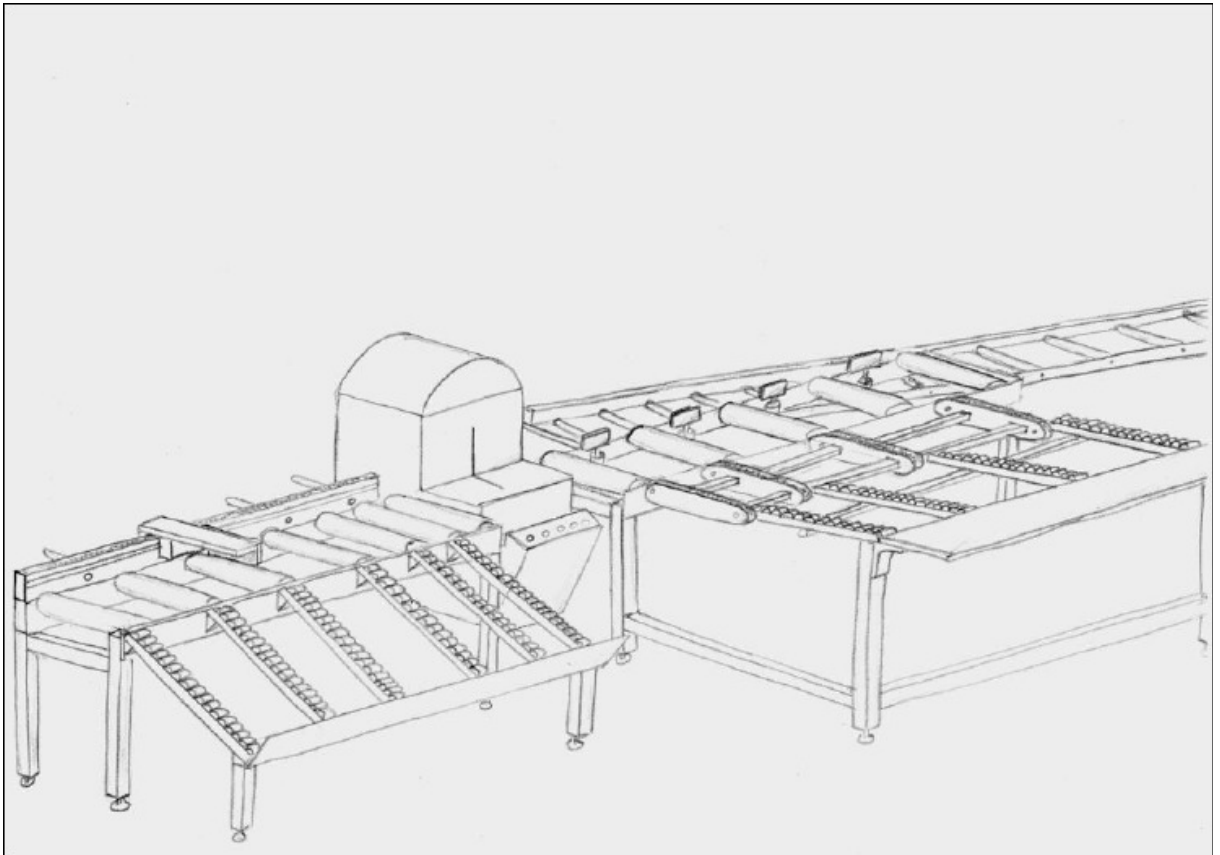


Abbildung 30: Prinzipskizze der gesamten Anlage⁵⁸

⁵⁸ SIKO SOLAR, erstellt am 12. Oktober 2010

5 Realisierung der Anlage

5.1 Projektabwicklung

Nach Abschluss der allgemeinen Planungsphase wurden die beiden Bereiche Mechatronik/Elektrik einerseits und Programmierung andererseits weitgehend getrennt voneinander realisiert.

Da beim Zuführmagazin mit der anschließenden Vereinzelung auf keine Erfahrungswerte zurückgegriffen werden konnte, wurde entschieden, diesen Teil der Anlage als erstes aufzubauen. Um ausreichend Tests durchzuführen, musste es möglich sein, über die SPS den Frequenzumrichter für die Vereinzelung anzusteuern. Anhand dieser Tests wurden schließlich der Neigungswinkel des Zuführmagazins und die Geschwindigkeit des Motors festgelegt.

Parallel dazu wurden bereits die Rollenbahnen, die Positioniereinheit und die Säge zusammengebaut und aufgestellt. Somit konnte der Servoantrieb eingestellt und getestet werden. Da die Funktion der Rollenbahn sehr einfach ist, waren keine umfangreichen Testungen notwendig.

Nach Fertigstellung des Fertigteilmagazins und des Reststückmagazins mit zugehöriger Abführung, wurden diese softwaretechnisch eingebunden. Bereits nach kurzer Zeit konnten in der Betriebsart manuell erste Schienen zugeschnitten werden. Somit konnten die Schienenlängen auf ihre Übereinstimmung mit dem Qualitätsstandard des Unternehmens kontrolliert werden.

In weiterer Folge wurden der Automatikbetrieb und die Visualisierung erstellt. Nachdem dieser Schritt erledigt war, konnte die Anlage schlussendlich in den Produktionsbetrieb eingebunden werden.

Abschließend wurde die Übermittlung der für die Säge wesentlichen Informationen – somit das Senden der Schnittliste an die Säge – realisiert.

5.2 Mechanik / Elektrik

5.2.1 Zuführmagazin



Abbildung 31: Bremszylinder⁵⁹

Am Ende des Zuführmagazins sind zwei Bremszylinder angebracht. Diese geben die Schienen zur Bearbeitung frei bzw. halten diese bei Bedarf zurück. Vor dem Bremszylinder befindet sich ein Anwesenheitssensor, welcher eine Rückmeldung liefern soll, ob sich bereits Schienen im Magazin befinden. Auch nach dem Zylinder wird ein Sensor angebracht, welcher eine Bewegung der Schienen vom Zuführmagazin in Richtung Vereinzelung erkennen soll. Bei Betätigung soll der Bremszylinder ausfahren und so verhindern, dass weitere Schienen nachrollen. Zugleich wird die Vereinzelung aktiviert.

5.2.2 Vereinzelung



Abbildung 32: Vereinzelung⁶⁰

⁵⁹ SIKO SOLAR, erstellt am 12. Oktober 2010

⁶⁰ SIKO SOLAR, erstellt am 12. Oktober 2010

Wie bereits dargestellt, muss das angetriebene Mehrspurband eine höhere Geschwindigkeit aufweisen als die heranrollenden Profile, um die erforderliche Vereinzelung zu gewährleisten. Da diese Geschwindigkeit variabel sein muss, wird ein ABB-Frequenzumrichter in Verbindung mit einem Lenze-Drehstrommotor eingeplant. Am Ende des Mehrspurbands wird ein Sensor angebracht, welcher das Verlassen des Bandes feststellt. In diesem Falle wird das Band aufgehalten. Das Profil liegt auf der Rollenbahn.

5.2.3 Profiltypenerkennung

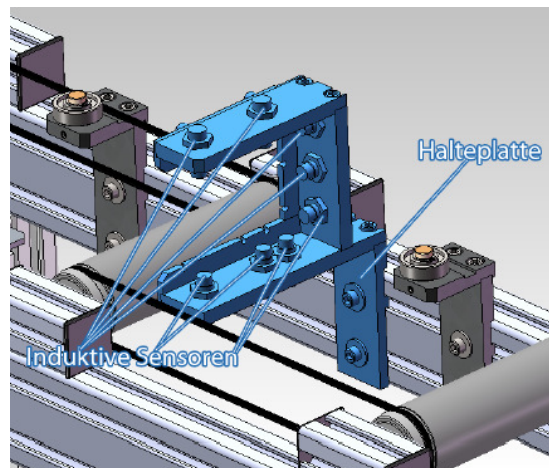


Abbildung 33: Profiltypenerkennung⁶¹

Nachdem das Profil abgelegt wurde, wird dieses mit Hilfe von drei Pneumatikzylindern ausgerichtet. Anschließend wird eine Profilerkennung durchgeführt, die aus acht induktiven Sensoren besteht. Die Sensoren werden so angebracht, dass für jeden Profiltyp ein unterschiedlicher Schaltzustand entsteht. Die Steuerung vergleicht dabei das aktuelle Profil mit dem im Auftrag vorgegebenen Sollprofil.

⁶¹ SIKO SOLAR, erstellt am 12.Oktober 2010

5.2.4 Rollenbahn



Abbildung 34: Rollenbahn⁶²

Im Falle eines erfolgreichen Vergleiches starten die beiden Rollenbahnen, andernfalls wird die Schiene nach hinten abtransportiert und dem Bediener ein Fehler gemeldet. Variable Geschwindigkeit und getrennte Ansteuerung der Rollenbahnen machen den Einsatz von zwei ABB-Frequenzumrichter mit Moll-Drehstrommotoren erforderlich.

⁶² SIKO SOLAR, erstellt am 12. Oktober 2010

5.2.5 Anschlag – Positioniereinheit

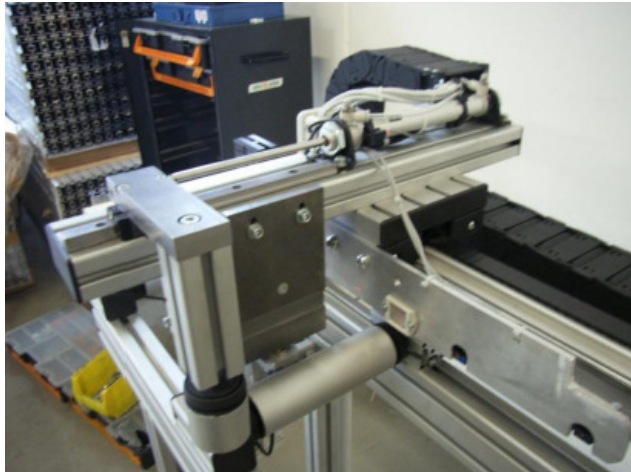


Abbildung 35: Anschlag⁶³

Der Zahnriemen wird mit einem Servomotor mit integriertem Resolver als Positionsrückmeldung angetrieben. Die Genauigkeit des Resolvers ist für unseren Anwendungsfall vollkommen ausreichend. Der benötigte Servoumrichter wird ebenfalls von der Firma ABB bezogen. Der Anschlag befindet sich bereits auf der Sollposition, wenn das Profil von der Rollenbahn angefordert wird. Zwei Lichtsensoren erkennen, wenn sich die Schiene bereits nahe dem Anschlag befindet und reduzieren daraufhin die Geschwindigkeit der Rollenbahn. Eine Keyence-Lichtschranke meldet die Endposition der Schiene am Anschlag, worauf die Rollenbahn zum Stillstand kommt. Gleichzeitig werden am Anschlag und in der Säge Pneumatikzylinder betätigt, um das Profil einzuspannen.

5.2.6 Profil-Säge

Sämtliche manuellen, bereits vorhandenen und auf der Säge befindlichen Bedienelemente werden parallel an die SPS angeschlossen. Befindet sich die Profilschiene an der vorgegebenen Sollposition, wird diese mittels Pneumatikzylinder festgeklemmt, die Schutzhaube geschlossen und die Säge gestartet. Anschließend wird das Sägeblatt ausgefahren und der Schnitt vollzogen. Nachdem die Säge das Profil auf die gewünschte Länge abgeschnitten hat, werden folgende Aktionen gleichzeitig durchgeführt: Säge einfahren, Pneumatikzylinder einfahren, Anschlag verfahren, Rollenbahnen starten. Sollten sich keine weiteren Profile im Zuführmagazin befinden, wird das Sägeblatt automatisch wieder abgeschaltet.

⁶³ SIKO SOLAR, erstellt am 12. Oktober 2010

5.2.7 Reststückabführung und Reststückmagazin

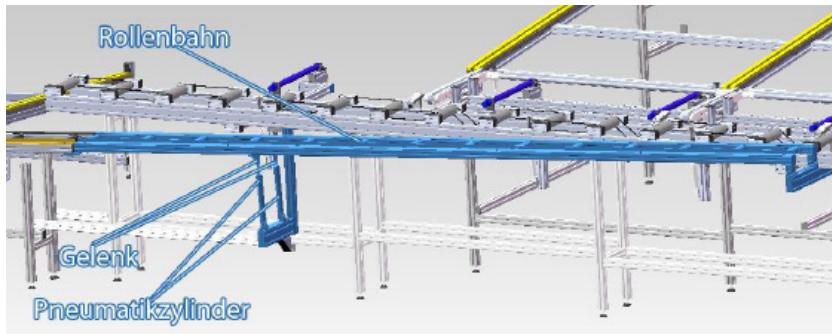


Abbildung 36: Reststückabführung⁶⁴

Das Reststück wird auf der Rollbahn rückwärts bis zur Übergabeposition Rollbahn-Reststückabführung befördert. Nachdem dies der Sensor an die Steuerung meldet, stoppt die Rollbahn und drei Pneumatikzylinder fahren aus. Auch diese Zylinder sind mit jeweils zwei Reed-Kontakten ausgestattet. Das Profil wird auf die Bahn der Reststückabführung geschoben. Sobald die Zylinder vollständig ausgefahren sind, werden sie wieder eingefahren. Dafür werden die Zylinder mit jeweils zwei Kontakten ausgestattet, um eine Rückmeldung des ein- und ausgefahrenen Zustands zu erhalten. Anschließend wird die Reststückbahn mit Hilfe eines Pneumatikzylinders abgesenkt. Das Profil rollt durch das Eigengewicht ab bis zum Ende der Bahn. Anhand eines hier montierten Sensors wird erkannt, wenn das Profil angekommen ist. Das Reststück wird wiederum mit Hilfe von drei Pneumatikzylindern, welche ebenfalls mit Ein- und Ausfahrtssensor ausgestattet sind, ins Reststückmagazin geschoben. Das Ausschieben kann nur vom Magazin-Voll-Sensor verhindert werden. Ansonsten werden die Zylinder eingefahren, die Reststückbahn wieder in die Ausgangsstellung angehoben und für weitere Abtransporte freigegeben.

⁶⁴ SIKO SOLAR, erstellt am 12. Oktober 2010

5.2.8 Fertigstückmagazin

Zeitgleich zur Reststückabführung wird die fertiggeschnittene Schiene von der Rollenbahn vorwärts bewegt. Die fallende Flanke eines induktiven Sensors bestätigt, dass sich die Schiene weit genug von der Säge entfernt hat. Daraufhin bleibt die Rollenbahn stehen und das Fertigstück ist zum Auswurf bereit. Auch hier ist ein Magazin-Voll-Sensor angebracht, der den Ausschub verhindern kann. Sollte dieser frei sein, schieben je nach Schienenlänge bis zu drei Ausschubbalken die Schiene auf das Fertigstückmagazin. Ein Balken wird mit zwei Pneumatikzylindern bewegt. Auch hier sind zur vollständigen Überwachung Ein- und Ausfahrtssensor notwendig. Sobald alle ausgefahrenen Zylinder den Sollzustand erreicht haben, werden diese gleich wieder eingefahren. Die fertigen Schienen rollen aufgrund der Neigung selbstständig ab und können hier vom Bediener der Säge entnommen werden.

5.2.9 Visualisierung

Um die Kosten möglichst gering zu halten, wird für die Visualisierung die Standardfunktion der Programmiersoftware Codesys verwendet. Hier werden sämtliche Daten dargestellt, welche für die Bedienung notwendig sind. Der Monitor wird oberhalb der Säge montiert, um eine optimale Einsicht zur gewährleisten.

5.2.10 Zusammenfassung der Sensoren und Aktoren

Nr.	Beschreibung	Nr.	Ventilbeschreibung
1	Bremszylinder (Zuführung)	1	Bremszylinder
2	Einschieber (Mehrspurband)	2	Einschieber kurz
3	PT Erkennung 1	3	Einschieber lang
4	PT Erkennung 2	4	Anschlag Profil ein
5	PT Erkennung 3	5	Auswurf Kreis 1
6	PT Erkennung 4 (Rollenbahn)	6	Auswurf Kreis 2
7	PT Erkennung 5	7	Auswurf Kreis 3
8	PT Erkennung 6	8	Profilführung seitlich
9	PT Erkennung 7	9	Reststückabführung
10	PT Erkennung 8	10	Auswurf - Reststückabführung
11	Referenzpunkt (Abführung)		
12	Anschlag: Sensor langsam		
13	Anschlag: Positionskontrolle		
14	Auswurf auf Reststückabführung		
15	Reststückauswurfsensor		
16	Reststück am Rollenbahnende		
17	Abführung - Magazin voll 1		
18	Abführung - Magazin voll 2		
19	Reststückmagazin voll		
20	Bremszylinder - ein		
21	Bremszylinder - aus		
22	Einschieber kurz - ein		
23	Einschieber aus - aus		
24	Einschieber lang - ein		
25	Einschieber lang - aus		
26	Anschlag einrichten - ein		
27	Anschlag einrichten - aus		
28	Auswurf Kreis 1 - ein		
29	Auswurf Kreis 1 - aus		
30	Auswurf Kreis 2 - ein		
31	Auswurf Kreis 2 - aus		
32	Auswurf Kreis 3 - ein		
33	Auswurf Kreis 3 - aus		
34	Profilführung seitlich - beweglich ein		
35	Profilführung seitlich - beweglich aus		
36	Reststückabführung beweglich - ein		
37	Reststückabführung beweglich - aus		
38	Auswurf - Reststückabführung - ein		
39	Auswurf - Reststückabführung - aus		

Tabelle 4: Zusammenfassung Sensoren und Aktoren⁶⁵

⁶⁵ SIKO SOLAR, erstellt am 05.Juli 2013

5.3 Programmierung

5.3.1 Grundlegend Anforderungen

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2	Auftrag:	123456		Daten senden			
3	Kunde:	Testkunde					
4	Kommission:	Musterkommission					
5	Feld:	Musterfeld					
6							
7							
8							
9	Anzahl	Profiltyp	Code	Länge			
10	3	iX	1	8000			
11	11	TS	2	10000			
12	10	iX	5	12000			
13	1	MS52	4	14000			
14	15	MS38	3	16000			
15	2	Evo	4	18000			
16	3	TS	1	20000			
17	21	TS	5	22000			
18	1	TS	54	24000			
19	3	TS	5	26000			
20	2	Evo	5	55000			
21	3	TS	1	20000			
22	21	TS	5	22000			
23	1	TS	54	24000			
24	3	TS	5	26000			
25	2	Evo	5	55000			
26							

Abbildung 37: Auftrag in Form der Excel-Tabelle⁶⁶

Die Eingabe der Aufträge erfolgt über einen bestehenden Konfigurator des Auftraggebers SIKO SOLAR. Dieser wird um die Funktion erweitert, zusätzlich zum PDF-Dokument eine XLS-Datei (Excel) zu erstellen. Für diese Funktionserweiterung wird eine Fremdfirma herangezogen, welche bereits den ursprünglichen Konfigurator realisiert hat. Die Excel-Tabelle, welche jeweils einen Auftrag beinhaltet, wird von der Arbeitsvorbereitung kontrolliert und an die SPS gesendet, wobei das Senden der Daten mit der in Excel eingebundenen Programmieroberfläche Visual Basic erfolgt. Die Verarbeitung und Visualisierung erfolgt anschließend mit der Programmiersoftware Codesys nach dem IEC 61131-1 Standard.

5.3.2 Excel

Für die Kommunikation zur SPS wird das Dynamic Data Exchange Protokoll verwendet. Dieses Protokoll ist lokal und innerhalb von Netzwerken in den Betriebssystemen Windows (ab Version 2.0) und OS/2 verfügbar.

⁶⁶ SIKO SOLAR, erstellt am 28. Oktober 2012

Damit Daten ausgetauscht oder Befehle abgesetzt werden können, müssen beide Anwendungsprogramme zeitgleich aktiv sein. Falls erforderlich muss der DDE-Client den benötigten Server-Prozess starten. Der Datenaustausch erfolgt grundsätzlich in kompletten Dateneinheiten in Windows-Zwischenablage-Formaten (also auch Binärdaten); kontinuierliche Datenströme werden üblicherweise nicht unterstützt. Als Besonderheit bietet DDE ein „Advise“ genanntes Hot-Tracking (Datenänderungsbenachrichtigung) an, mit welchem der Anwender automatisch über Veränderungen des Server-Datenbestands informiert wird. Typisch für DDE und auch festgelegt ist die dreistufige Adressierung von Datenelementen, eingeteilt in Server (Dienst), Topic (Thema) und Item (Element). Eine tiefergehende Adressierung, etwa bestimmte Zeilen und Spalten einer Tabellenkalkulationsseite, muss durch ein wahlfreies, nicht aufzählbares Item erfolgen.⁶⁷

Da die Steuerung keine Strings empfangen kann, muss die Exceltabelle angepasst werden. Microsoft Excel bietet die Funktionen an, Wörter in einzelne Buchstaben zu unterteilen und anschließend in ASCII-Code (American Standard Code for Information Exchange) umzuwandeln.

Dieser wurde am 17. Juni 1963 als Standard ASA X3.4-1963 veröffentlicht und 1967 sowie zuletzt im Jahr 1968 (ANSI X3.4-1968) aktualisiert. Die Zeichenkodierung definiert 128 Zeichen, bestehend aus 33 nicht druckbaren sowie 95 druckbaren.⁶⁸

000	(nul)	016	► (dle)	032	sp	048	ò	064	@	080	P	096	`	112	p
001	Ⓢ (soh)	017	◄ (dc1)	033	!	049	1	065	A	081	Q	097	a	113	q
002	Ⓢ (stx)	018	‡ (dc2)	034	"	050	2	066	B	082	R	098	b	114	r
003	♥ (etx)	019	‡ (dc3)	035	#	051	3	067	C	083	S	099	c	115	s
004	♦ (eot)	020	¶ (dc4)	036	\$	052	4	068	D	084	T	100	d	116	t
005	♣ (enq)	021	§ (nak)	037	%	053	5	069	E	085	U	101	e	117	u
006	♠ (ack)	022	— (syn)	038	&	054	6	070	F	086	V	102	f	118	v
007	• (bel)	023	‡ (etb)	039	'	055	7	071	G	087	W	103	g	119	w
008	■ (bs)	024	↑ (can)	040	(	056	8	072	H	088	X	104	h	120	x
009	(tab)	025	↓ (em)	041	)	057	9	073	I	089	Y	105	i	121	y
010	(lf)	026	(eof)	042	*	058	:	074	J	090	Z	106	j	122	z
011	♂ (vt)	027	← (esc)	043	+	059	;	075	K	091	[	107	k	123	{
012	* (np)	028	L (fs)	044	,	060	<	076	L	092	\	108	l	124	|
013	(cr)	029	↔ (gs)	045	-	061	=	077	M	093	]	109	m	125	}
014	♯ (so)	030	▲ (rs)	046	.	062	>	078	N	094	^	110	n	126	~
015	✱ (si)	031	▼ (us)	047	/	063	?	079	O	095	_	111	o	127	ó

Abbildung 38: ASCII-Tabelle⁶⁹

Diese Umwandlungen geschehen automatisch und sind an der Excel-Oberfläche nicht sichtbar. Zusätzlich wird eine Zelle zur Prioritätsvergabe eingebunden, die

⁶⁷ www.wikipedia.org, zuletzt abgerufen Oktober 2012

⁶⁸ www.wikipedia.org, zuletzt abgerufen Oktober 2012

⁶⁹ www.plcdev.com, zuletzt abgerufen Oktober 2012

nur von der Arbeitsvorbereitung definiert werden kann. Somit können bei Bedarf einzelne Aufträge vorgezogen werden. Um nach erfolgreicher Kontrolle den Auftrag an die SPS zu senden, wird ein Button mit einem Makro hinterlegt.

Ein Makro ist in der Softwareentwicklung eine unter einer bestimmten Bezeichnung (Makroname) zusammengefasste Folge von Anweisungen oder Deklarationen, um diese (anstelle der Einzelanweisungen, i. d. R. an mehreren Stellen im Programm) mit nur einem einfachen Aufruf ausführen zu können. Alle Anweisungen des Makros werden automatisch an der Programmstelle ausgeführt, an denen das Makro codiert wurde. Makros sind eine Variante von Unterprogrammen und können (je nach Implementierung) auch mit Parametern aufgerufen werden. Man unterscheidet Systemmakros (z. B. OPEN (Dateien), PRINT ...) und von Benutzern selbst erstellte Makros.⁷⁰

Im selbst erstellten Makro-Befehl werden die Daten auf Plausibilität und Vollständigkeit überprüft und anschließend über DDE gesendet. Für diesen Datentransfer werden drei Funktionen benötigt:

DDEInitiate: Die DDEInitiate-Funktion wird verwendet, um eine DDE-Verbindung mit einer anderen Anwendung zu initiieren. Die DDEInitiate-Funktion öffnet einen DDE-Kanal für die Datenübertragung zwischen einem DDE-Server und einer Clientanwendung.⁷¹

Der Syntax sieht wie folgt aus: DDEInitiate(application, topic)
Somit sieht die Initialisierung in unserem Fall so aus:
DdeKanal = DDEInitiate("CoDeSys", "Saege.pro")

DDEPoke: Mittels des DDEPokes werden im Rahmen einer DDE-Konversation Daten zwischen Client- und Serveranwendung übertragen.⁷² Der Syntax stellt sich dar wie folgt: expression.DDEPoke(channel, item, data)

Das Senden von Daten wie zB der Auftragsnummer wird mit folgendem Syntax realisiert: Application.DDEPoke DdeKanal, "gdw_Auftrag", Range("B1")

⁷⁰ www.wikipedia.org, zuletzt abgerufen Oktober 2012

⁷¹ office.microsoft.com, zuletzt abgerufen Oktober 2012

⁷² msdn.microsoft.com, zuletzt abgerufen Oktober 2012

DDETerminate: Die Funktion DDETerminate schließt einen DDE-Kanal, der mit DDEInitiate() hergestellt wurde.⁷³ Der Syntax sieht wie folgt aus:
 expression.DDETerminate(channel)
 Im vorliegenden Fall stellt sich die Terminierung dar wie folgt:
 Application.DDETerminate(DdeKanal)

Nach erfolgreicher Datenübertragung wird dies dem Anwender signalisiert und das Makro automatisch beendet.

5.3.3 Codesys

Die Programmierung wird über einen zyklischen Task realisiert.

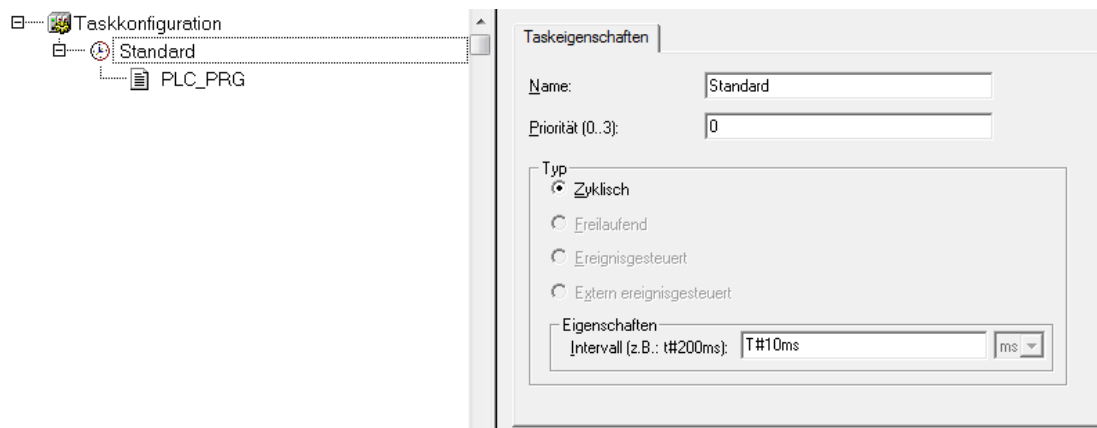


Abbildung 39: Taskaufruf⁷⁴

Das im Taskmenü aufgerufene Programm entspricht somit dem Hauptprogramm. Um die Übersichtlichkeit zu gewährleisten, wird das Programm in Unterprogramme aufgeteilt.

⁷³ msdn.microsoft.com, zuletzt abgerufen Oktober 2012

⁷⁴ SIKO SOLAR, erstellt am 27. Oktober 2012

5.3.3.1 Hauptprogramm – PLC_PRG

Hier befinden sich überwiegend Aufrufe von Unterprogrammen. Ein übersichtliches Hauptprogramm hilft bei der Erkennung des Programmablaufs.

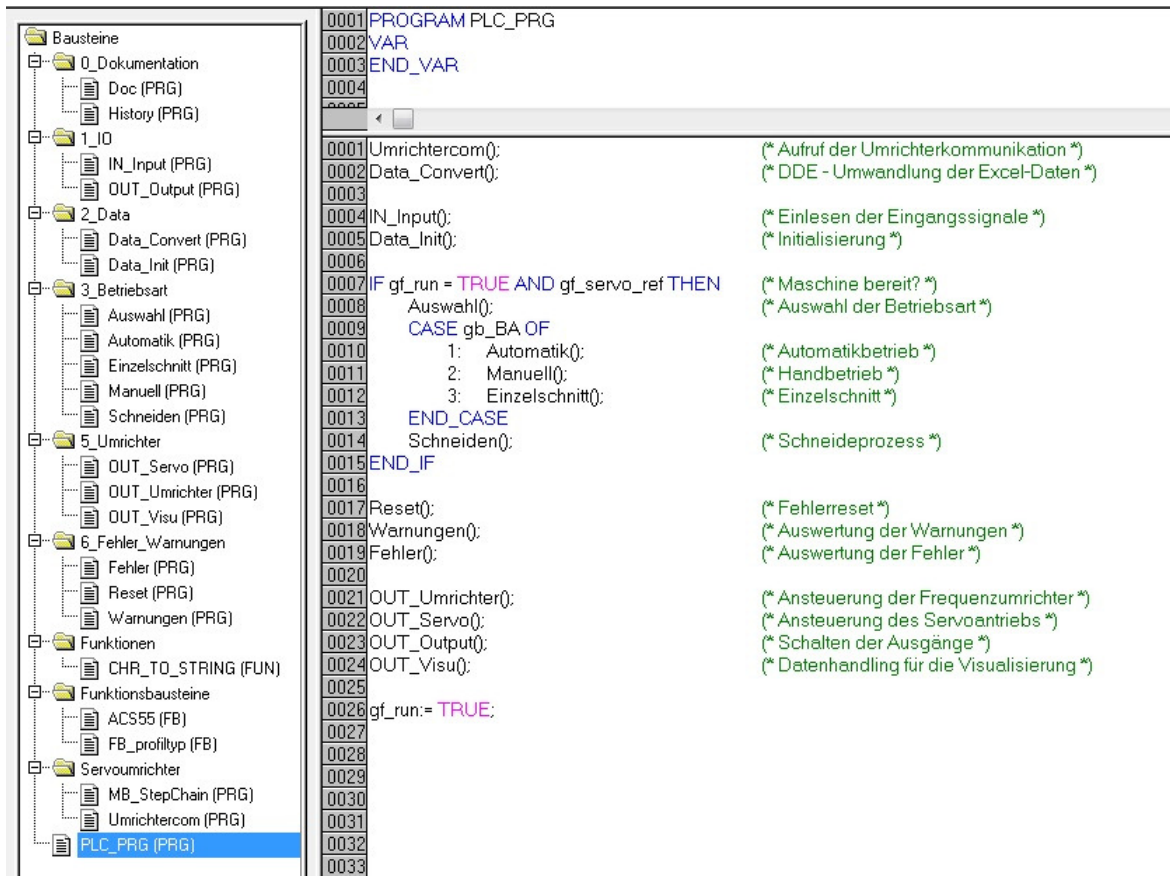


Abbildung 40: Hauptprogramm PLC_PRG⁷⁵

⁷⁵ SIKO SOLAR, erstellt am 28.Oktober 2012

5.3.3.2 DDE-Datentransfer – Data_Convert

Die Daten, welche von der Excel-Tabelle direkt in die definierten Variablen gesendet wurden, werden in diesem Programmabschnitt verarbeitet und in eine Struktur geschrieben. Eine Struktur ist eine als logische Einheit zusammengehörender Satz von Daten, welche im Unterschied zum Array aus mehreren Datentypen bestehen kann. Dies bedeutet, dass die Struktur einem Auftrag entspricht und somit folgende Variablen beinhaltet:

0001	TYPE stAuftrag :	
0002	STRUCT	
0003	f_Prio	: BOOL;
0004	dw_Auftrag	: DWORD;
0005	s_Kunde	: STRING;
0006	s_Kommission	: STRING;
0007	s_Feldbezeichnung	: STRING;
0008	aw_Anzahl	: ARRAY[1..50] OF WORD;
0009	as_Profiltyp	: ARRAY[1..50] OF STRING;
0010	ab_Code	: ARRAY[1..50] OF BYTE;
0011	adw_Laenge	: ARRAY[1..50] OF DWORD;
0012	END_STRUCT	
0013	END_TYPE	
0014		

Abbildung 41: Struktur des Auftrags⁷⁶

Die zuvor in ASCII-Zeichen umgewandelten Strings müssen in der SPS wieder zu ganzen Wörtern zusammengesetzt werden. Die einzelnen Bytes werden zuerst mit der Funktion CHR_TO_STRING in Buchstaben und anschließend mit der Funktion CONCAT zu einem Wort zusammengefügt.

5.3.3.3 Initialisierungen – Data_Init

Dieses Unterprogramm dient zur Initialisierung allgemeiner Variablen, wie zB der Generierung verschiedener Taktsignale.

5.3.3.4 Auswahl der Betriebsart – Auswahl

An der Maschine kann die Betriebsart über die Visualisierung verändern werden. Der wesentliche Unterschied beider Oberflächen liegt darin, dass die Schnittliste im Handbetrieb verändert bzw. eigenständig eingetragen werden kann. Ein Umschalten zwischen den Betriebsarten muss sogar dann möglich sein, wenn sich gerade ein Auftrag in Bearbeitung befindet.

⁷⁶ SIKO SOLAR, erstellt am 27.Oktober 2012

5.3.3.5 Automatikbetrieb – Automatik

Im Automatikbetrieb wartet die Steuerung, bis ein Auftrag empfangen wurde. Gestartet wird der Schneide-Prozess mit einem Button an der Visualisierung. Sollten sich keine Schienen mehr im Zuführmagazin befinden, so pausiert die Maschine lediglich und wartet, bis Schienen nachgefüllt werden. Gestoppt wird nach Abarbeitung sämtlicher Aufträge.

5.3.3.6 Handbetrieb – Manuell

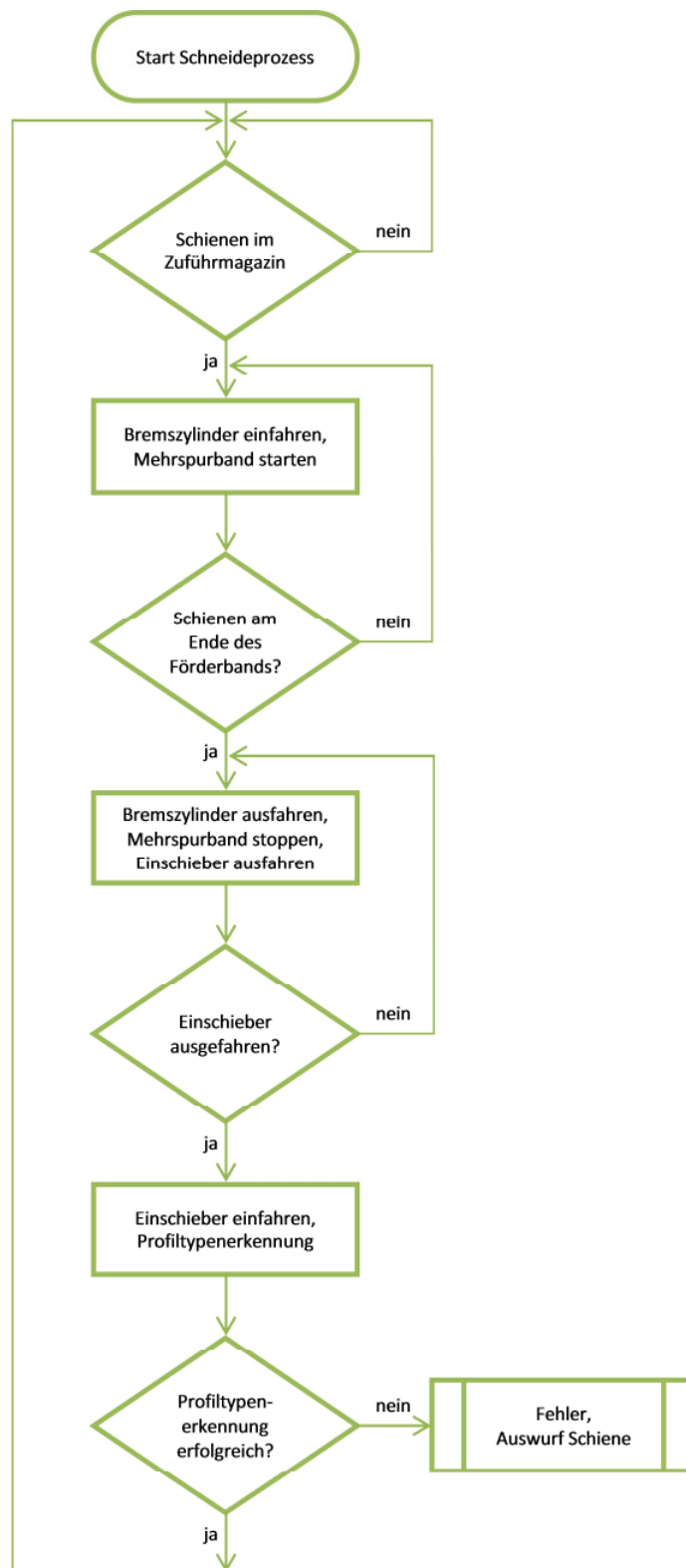
Im Handbetrieb wird die Schnittliste manuell an der Maschine eingetragen. Weist diese Liste mindestens ein Eintrag auf und wird manuell „Start“ gedrückt, so beginnt der Schneide-Prozess. Pausiert wird wie auch im Automatikbetrieb, wenn sich keine Schienen im Zuführmagazin befinden. Im Gegensatz zum Automatikbetrieb wird gestoppt, wenn die Schnittliste abgearbeitet wurde.

5.3.3.7 Einzelne Schienen bearbeiten – Einzelschnitt

Bei dieser Betriebsart wird der Abschnitt der Materialzuführung übersprungen. Die Positioniereinheit wird vorab auf die gewünschte Position gefahren. Die Schiene für den einzelnen Schnitt wird vom Bediener auf die Rollenbahn gelegt. Nachdem dieser die Freigabe mit dem „Start“-Button erteilt, wird das Profil geschnitten und ausgeworfen.

5.3.3.8 Schneideprozess – Schneiden

Der vielschichtige Ablauf dieses Vorganges wird mittels eines Flussdiagrammes dargestellt:





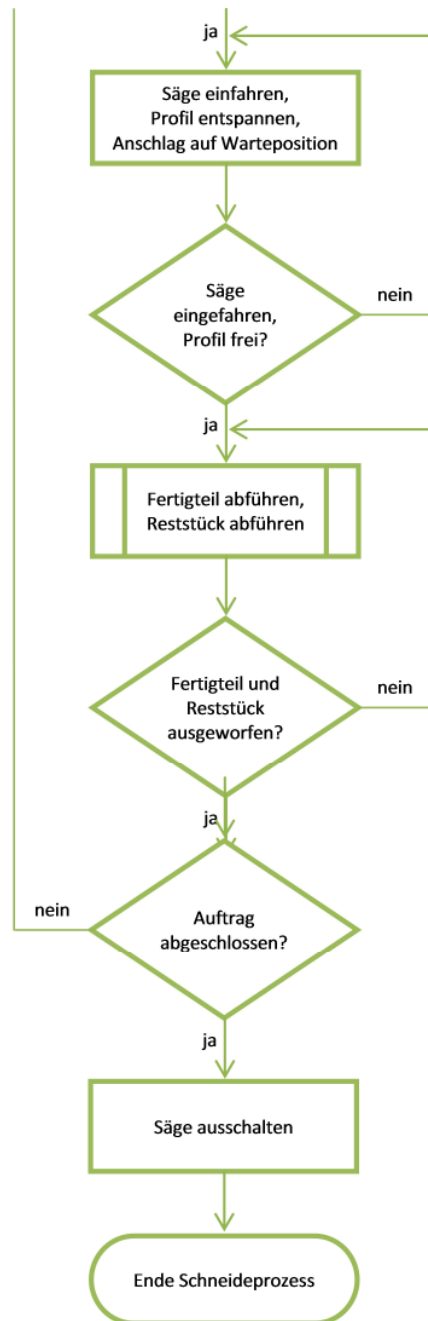


Abbildung 42: Flussdiagramm Schneideprozess – automatisierte Profilsäge⁷⁷

⁷⁷ SIKO SOLAR, erstellt am 03.November 2012

5.3.3.9 Meldungen – Warnungen, Fehler und Reset

Diese drei Unterprogramme dienen der Auswertung von Warnungen und Fehlern sowie dem Rücksetzen der Meldungen. Warnungen müssen nicht unbedingt quittiert werden. Sollte die Auslösebedingung wieder aufgehoben sein, so erlischt die Warnung von selbst. Eine Fehlermeldung hingegen muss zwingend quittiert werden.

5.3.3.10 Ansteuerung Frequenzumrichter – OUT_Umrichter

Der Programmbaustein fertigt in Verbindung mit einem Funktionsbaustein die Ansteuerung der Frequenzumrichter ab. Die drei Umrichter werden mit einfacher Ansteuerung ausgestattet. Dies bedeutet, dass die Geschwindigkeit mit einem Analogsignal (0-10V) übertragen wird. Reglerfreigabe, Fehlerreset und Drehrichtung werden mittels digitalen Ausgangs (24V) an die Antriebe gesendet. Vom Antrieb wird lediglich eine Bereitmeldung an einen digitalen Eingang (24V) der SPS abgegeben.

5.3.3.11 Ansteuerung Servoumrichter – OUT_Servo

Das Unterprogramm umfasst die gesamte Ansteuerung des Servoantriebs. Dabei wird die Kommunikation mit dem Servoumrichter mit Hilfe eines Funktionsbausteins gewährleistet, welcher von der Firma ABB zur Verfügung gestellt wurde. Da die Antriebsregelung mittels Resolver realisiert wurde, ist nach dem Ausschalten der gesamten Anlage eine Referenzierung des Antriebs notwendig. Dies bedeutet, dass die SPS automatisch eine Referenzfahrt auslöst, sobald die Anlage eingeschalten wurde und der Antrieb läuft (Ready – Signal). Der Positionieranschlag fährt daraufhin an das Ende der Anlage, wo sich der Referenzinitiator befindet. Beim Verlassen des Initiators wird die Referenzposition übernommen und daraufhin meldet der Antrieb, dass dieser Vorgang abgeschlossen ist. Das wiederum ist die Grundlage für den weiteren Betrieb als Positioniereinheit. Dies bedeutet, dass dem Umrichter nur die Sollposition, der Fehlerreset und die Regler- und Positionierfreigabe übermittelt werden. Als Rückmeldung vom Antriebsregler kommen folgende Signale: Istposition, Umrichter bereit, Antrieb bewegt sich, Drehrichtung, Antrieb referenziert, Fehler aktiv.

5.3.3.12 Visualisierung – OUT_Visu

Dieser Programmteil dient der Kommunikation mit dem Bedienpersonal. Hier werden Texte erzeugt, welche bei Bedarf – wie zB im Falle von Fehlermeldungen – an der Benutzeroberfläche angezeigt werden. Da die von Codesys zur Verfügung gestellte Visualisierung verwendet wird, ist es nicht notwendig, die Variablen an bestimmten Adressen zu speichern. Die Visualisierung kann auf sämtliche im Programm verwendeten Variablen zugreifen und diese darstellen.

5.3.3.13 Erweiterungen / Verbesserungen

- Neustart der Positionierung

Es kam immer wieder vor, dass der Riemenantrieb beim Beschleunigen blockierte. Da dieses mechanische Problem nicht gelöst werden konnte, wurde eine Lösung in der SPS ausgearbeitet. Dies bedeutet, dass die Bewegung der Positioniereinheit überwacht wurde. Sollte sich diese nach dem Start der Positionierung jedoch nicht ändern, wird kurzzeitig gestoppt und erneut gestartet. Im Rahmen der Tests funktionierte der zweite Anlauf funktionierte immer ordnungsgemäß. Dennoch wurde festgelegt, dass eine Fehlermeldung ausgegeben wird, sollte sich auch nach dem dritten Versuch der Antrieb nicht bewegen.

- Vereinzelnung

Beim Übergang von der Röllchenbahn auf das Mehrspurband kam es immer wieder vor, dass Schienen schräg zum Erliegen kamen. Dadurch wurde ein manueller Eingriff notwendig. Um dies zu vermeiden, wurde nunmehr festgelegt, dass das Mehrspurband erst dann gestartet wird, nachdem die Schiene beim Übergang zum Stillstand kommt.

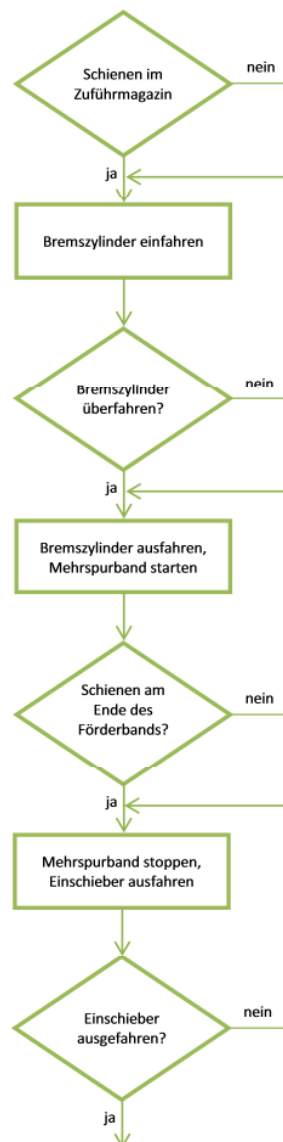


Abbildung 43: Vereinzelnung⁷⁸

⁷⁸ SIKO SOLAR, erstellt am 03.November 2012

- Timeoutüberwachung – Schiene bis Anschlag befördern

Da bei den ersten Tests festgestellt wurde, dass sich die Schiene bei der Säge verkeilen kann, muss im Schneideprozess eine Zeitüberwachung eingebunden werden.

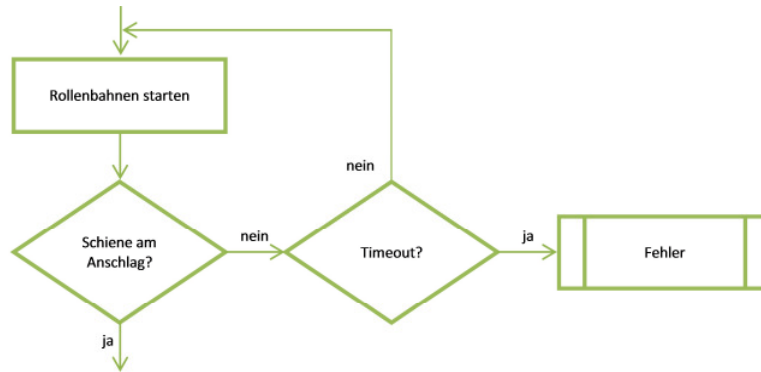


Abbildung 44: Timeoutüberwachung⁷⁹

⁷⁹ SIKO SOLAR, erstellt am 03.November 2012

- Mehrschnitte – Mehrere Fertigteile aus einer Rohschiene schneiden

Nach den ersten Produktionswochen wurde seitens der Geschäftsführung des Auftraggebers der Wunsch geäußert, bei mehreren kurzen Schienenstücken gleichen Typs mehrere Schnitte durchzuführen, ohne dabei das Rohmaterial auszuwerfen. Dies bedeutet, dass nach dem Schnitt das Reststück an der Position wartet, bis die fertige Schiene ausgeworfen wird. Anschließend wird der Anschlag erneut auf Sollposition gefahren, die Schiene dahinbefördert und für den Schnitt freigegeben.

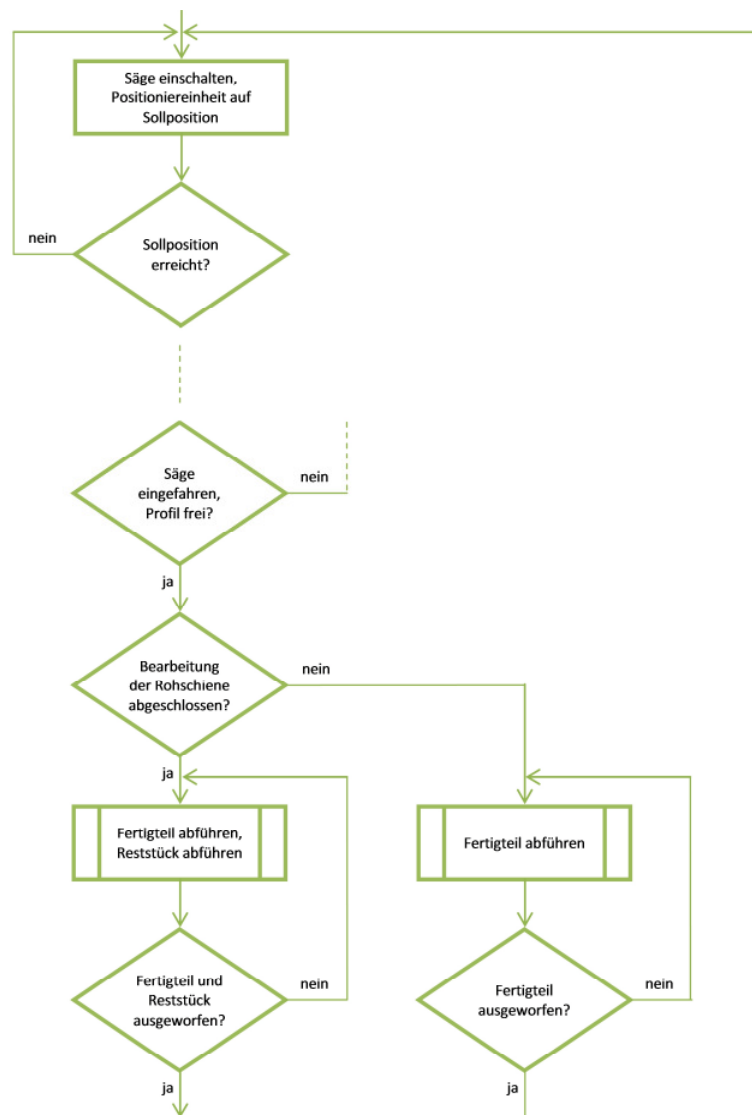


Abbildung 45: Mehrschnitte⁸⁰

⁸⁰ SIKO SOLAR, erstellt am 03.November 2012

6 Projektauswertung

6.1 Auswertung

Wie bereits einleitend ausgeführt, ist die Auftraggeberin SIKO SOLAR GmbH stets bestrebt, innovative Wege in der Optimierung der Arbeitsabläufe zu gehen. Auch Kostensenkung und Steigerung der Effektivität sind im stetig härter werdenden Konkurrenzkampf in der Branche der Photovoltaikunternehmen unabdingbar. In scheinbarem Gegensatz dazu stehen Forderungen nach höheren Qualitäts- und Sicherheitsstandards.

Um diese vermeintlich gegensätzlichen Anforderungen zu erfüllen, muss es gelingen, ein Produkt zunächst schneller zu erzeugen, um den Output zu maximieren; zugleich soll jedoch auch der Qualitätsstandard verbessert und die Sicherheit optimiert werden.

Nach gründlichen Überlegungen wurde beschlossen, das Projekt einer vollautomatischen Säge in Angriff zu nehmen. Um ein Produkt zu erhalten, das sämtliche Forderungen des Auftraggebers bestmöglich erfüllt und sich darüber hinaus optimal in dessen Produktionsabläufe einfügt, wird das unternehmensinterne Know-How genutzt und werden Konstruktion, Zusammenbau und Programmierung durch Mitarbeiter des Auftraggebers bzw. in enger Zusammenarbeit mit diesen vor Ort durchgeführt.

Mit den beiden dieser Arbeit vorausgehenden Projektarbeiten, welche im Zuge des Studiums ausgearbeitet wurden, wurden die Visionen des Auftraggebers sowie die Einführung eines Programmierstandards dargestellt.

Die vorliegende Arbeit sollte darauf aufbauend festhalten, welche Schritte gesetzt worden sind, um das gewünschte Ziel der automatischen Säge zu erreichen. Das Hauptaugenmerk wurde dabei auf die Programmierung der gesamten Anlage gelegt, wobei die Realisierung stets unter den Gesichtspunkten Kostensenkung und Steigerung der Effektivität, aber auch Erhöhung von Qualität und Sicherheit stand.

Musste man auch während des Projekts von einzelnen geplanten Maßnahmen – wie zB der automatisierten Beschriftung der geschnittenen Stücke – abgehen, so geschah auch dies stets nur im Hinblick auf deren Unvereinbarkeit mit einem der Hauptziele, unter welchen das Projekt realisiert werden sollte – im konkreten Fall

aufgrund eines nicht ausräumbaren Widerspruchs mit dem Ziel der Kostensenkung.

Am Ende konnten die drei Hauptziele bestmöglich erfüllt und ihre scheinbaren Widersprüche – soweit möglich – miteinander in Einklang gebracht werden. Das Ergebnis wird wiederum mittels einer Gegenüberstellung des Prozesses vor und nach Durchführung des Projektes dargestellt:

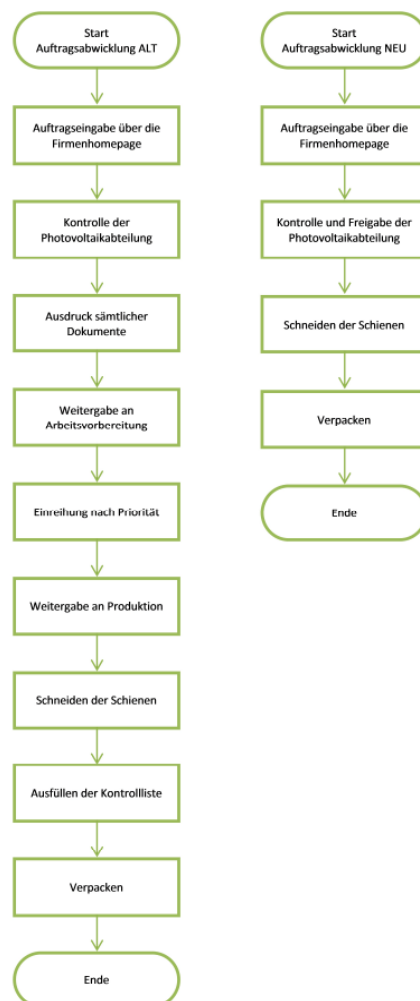


Abbildung 46: Vergleich alte und neue Auftragsabwicklung⁸¹

Aus der Grafik ergibt sich, dass durch die Automatisierung der Säge auf wesentliche Schritte des Prozesses verzichtet werden konnte. Damit geht in weiterer Folge auch eine Senkung der Kosten und die Steigerung der Effektivität einher. Durch die Automatisierung konnte in vielen Bereichen auf den Einsatz menschlicher Arbeitskraft verzichtet und eine bisher relevante Fehlerquelle unter den Aspekten Sicherheit und Qualität verringert werden.

⁸¹ SIKO SOLAR, erstellt am 06.Jänner 2013

Durch die Realisierung des Projektes und die Verfassung der vorliegenden Arbeit konnte zunächst die Aufgabenstellung des Projektes erfüllt werden. Aus Sicht des Auftraggebers konnte indes die Konkurrenzfähigkeit seines Produktes im Vergleich zu jenen anderer Unternehmen der Photovoltaikbranche erheblich gesteigert werden. Aus gesamtwirtschaftlicher Sicht wiederum wurde ein weiterer Schritt zur technischen Weiterentwicklung von Photovoltaikanlagen gesetzt, die mittel- bis langfristig dazu führen wird, dass der Einsatz regenerativer Energiequellen keinen Wettbewerbsnachteil mehr darstellt.

6.2 Weiterführungspotential

Bei der Projektierung der Anlage wurde das Hauptaugenmerk auf ihre Flexibilität gelegt. Dieses wesentliche Kriterium konnte mit der automatisierten Anlage auch realisiert werden, sodass sich in Hinkunft zahlreiche Möglichkeiten zur Weiterentwicklung der Anlage bieten. Derzeit noch nicht absehbar, aber durchaus denkmöglich ist zB die Adaptierung der Maschine dahingehend, dass auch Gehrungsschnitte möglich sind. Auch im Falle der Entwicklung neuer Schientypen sind nur geringfügige Änderungen an der Anlage erforderlich, da lediglich leichte Programmänderungen bezüglich Profiltypenerkennung erfolgen müssten.

In Punkt 4.8. der Arbeit wurde dargestellt, dass aufgrund eines zu geringen Kosten-Nutzen-Verhältnisses von einer automatisierten Produktkennzeichnung abgesehen wurde, obwohl diese zu Beginn des Projektes noch vorgesehen worden war. Für den Fall, dass seitens der Kunden eine solche Kennzeichnung ausdrücklich gewünscht wird oder der Umsatz an der Maschine in einem Ausmaß ansteigt, dass der zuständige Mitarbeiter voll ausgelastet ist und keine freien Ressourcen zur händischen Beschriftung bestehen, sollte meiner Ansicht nach neuerdings über eine Umsetzung der automatisierten Produktkennzeichnung diskutiert werden.

Aufgrund der überschaubaren Unternehmensstruktur und unter Berücksichtigung des Umstandes, dass nur eine Säge in Betrieb ist, wurde es seitens des Auftraggebers nicht für wesentlich erachtet, Produktionszahlen, Schnittlisten und Zeiten zu dokumentieren. Für den Fall einer Änderung dieser Haltung – wie zB bei Einführung eines Qualitätsmanagements – könnte die Anlage entsprechend angepasst werden.

An der Anlage werden zum Zeitpunkt des Projektendes nur aktuelle Fehlermeldungen angezeigt. Eine Auswertestatistik über die Verfügbarkeit und Fehlerfreiheit der Anlage wurde jedoch – wiederum nach Rücksprache mit der Geschäftsführung – noch nicht ausprogrammiert. Falls jedoch die Fehleranfälligkeit in Hinkunft ansteigt und es vermehrt zu Stillstandszeiten an der Anlage kommt, sollte die Programmierung einer Auswertestatistik meiner Ansicht nach in Betracht gezogen werden, um die Leistung der Anlage überwachen und gezielt weiterentwickeln zu können.

Literatur

- [55] ABB <http://www.abb.com/product/seitp329/7d30d8724a8ae469c125705300359170.aspx>, abgerufen am 02.03.2012
- [28] A&P Technik <http://www.ap-petersdorff.de/images/inhalte/aktoren.JPG>, abgerufen am 08.07.2012
- [2] ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch, http://asue.de/cms/upload/inhalte/blockheizkraftwerke/grafiken/grafik-bhkwgrund-2010-04_g.jpg, abgerufen am 26.12.2012
- [35] Beckhoff www.beckhoff.at, abgerufen am 06.01.2013
- [37]
- [25] Bloch http://www4.cs.fau.de/Lehre/WS04/V_PA/Skript/Kap1.ppt.pdf, Vorlesung Prozessautomatisierung I
- [31]
- [32]
- [42]
- [43]
- [45]
- [52] Bluhm Systeme <http://www.bluhmsysteme.at/fileadmin/images/header/header-linx4900.jpg>, abgerufen am 02.03.2012
- [53]
- [39] Brainguide http://www.brainguide.de/upload/publication/15/rpjr/e0ce2fa9496a428049aded51d0a93707_1311535318.pdf, Helmut Schönenborn, abgerufen am 19.02.2011
- [50] DirectIndustry http://img.directindustry.de/images_di/photo-g/lineare-fuehrung-mit-riemenantrieb-9038-2767363.jpg, abgerufen am 18.02.2012
- [1] Energievergleich <http://www.energievergleich.de/energiequellen/fossile-energetraeger/>, abgerufen am 26.12.2012
- [4]

- [49] Fischer Maschinenfabrik <http://www.fischer-maschinenfabrik.de/images/content/foedertechnik/rollenbahnmanuel-leausgabe.jpg>, abgerufen am 17.02.2012
- [47] Gesa Transporttechnik <http://www.gesa.at/Images/products/1330-1-450x450.jpg>, abgerufen am 16.02.2012
- [27] IT Wissen <http://www.itwissen.info/uebersicht/lexikon/EK-Grundlagen.html?page=0>, abgerufen am 07.07.2012
- [29]
- [33]
- [41]
- [48] Michael Schneider <http://www.mschneidergmbh.de/images/RF.JPG>, abgerufen am 16.02.2012
- [71] Microsoft Office <http://office.microsoft.com/de-at/access-help/ddeinitiate-funktion-HA001228820.aspx>, abgerufen am 21.10.2012
- [72] Microsoft [http://msdn.microsoft.com/de-de/library/cc484305\(v=vs.71\).aspx](http://msdn.microsoft.com/de-de/library/cc484305(v=vs.71).aspx), abgerufen am 21.10.2012
- [73] Developer Network
- [26] P&P Distributors <http://ppdistributors.com/relays-sensors.html>, abgerufen am 07.07.2012
- [69] PLC Development http://www.plcdev.com/ascii_chart, abgerufen am 22.10.2012
- [3] RESET <http://reset.to/knowledge/der-klimawandel-eine-annäherung>, abgerufen am 11.12.2011
- [10] Sandbichler/Stiegernigg Sandbichler/Stiegernigg, Automatisierung einer Säge- und Bearbeitungsmaschine, Diplomarbeit HTL Jenbach 2011
- [40] Siemens <http://www.industry.usa.siemens.com/automation/us/SiteCollectionImages/profinet-industrial-pc.jpg>, abgerufen am 06.01.2013

- [5-9] SIKO SOLAR Internes Projekt: Automatisierung PV-Säge, 2010-
[11] 2013
[12]
[46]
[51]
[54]
[56-
66]
[74-
81]
- [38] SPS Lehrgang <http://www.sps-lehrgang.de/geschichte-der-sps/>, ab-
gerufen am 17.11.2012
- [15- Stahn electronics <http://www.stahn.com/?n1:3&n2:7&n3:2&n4:0&lg:1>,
22] abgerufen am 16.11.2012
- [13] Wikipedia <http://de.wikipedia.org/wiki/Automatisierungstechnik>,
abgerufen am 18.02.2011
- [44] Wikipedia <http://de.wikipedia.org/wiki/Prozessleitsystem>, abgeru-
fen am 05.01.2013
- [67] Wikipedia http://de.wikipedia.org/wiki/Dynamic_Data_Exchange,
abgerufen am 22.10.2012
- [68] Wikipedia [https://de.wikipedia.org/wiki/American_Standard_Cod
e_for_Information_Interchange](https://de.wikipedia.org/wiki/American_Standard_Code_for_Information_Interchange), abgerufen am
22.10.2012
- [70] Wikipedia <http://de.wikipedia.org/wiki/Makro>, abgerufen am
22.10.2012
- [34] Zielinski Prof. Dr. rer. nat. Oliver Zielinski, [http://www.fk-
wind.de/zielinski/files/AUT_Teil2.pdf](http://www.fk-wind.de/zielinski/files/AUT_Teil2.pdf), abgerufen am
05.01.2013

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Kufstein, den 23.07.2013

Stefan Astner